

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN HUTAN DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) MENGGUNAKAN DATA
CITRA LANDSAT 7 DAN LANDSAT 8
(Studi Kasus: Sub DAS Brantas Bagian Hulu,
Kota Batu)**

Nama Mahasiswa : Aning Prastiwi
NRP : 3510100002
Jurusan : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstrak

Keberadaan hutan sebagai sumber daya alam sangat rentan terhadap kerusakan, sehingga perlu dijaga daya dukungnya dan dikembalikan fungsinya. Fungsi hutan tersebut salah satunya berhubungan dengan siklus hidrologi dalam ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS). Kerusakan hutan akan menimbulkan dampak yang luas yaitu kerusakan ekosistem dalam tatanan DAS khususnya bagian hulu yang merupakan daerah tegakan hutan. Sub DAS Brantas Hulu merupakan sebagian kecil daerah tangkapan hujan dari DAS Brantas di wilayah Kota Batu yang mengalami kerusakan hutan. Kerusakan hutan tersebut diakibatkan adanya peralihan fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian holtikultura dan pemukiman.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kerusakan hutan yang terjadi di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu tahun 2002 dan 2013 menggunakan teknik penginderaan jauh dengan citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8. Metode yang digunakan adalah algoritma NDVI untuk mendapatkan nilai kerapatan vegetasi dan klasifikasi terselia berdasarkan kemiripan maksimum (maximum likelihood) untuk klasifikasi fungsi kawasan hutan dan klasifikasi tutupan lahan. Identifikasi kerusakan hutan dilakukan dengan memanfaatkan nilai kerapatan vegetasi yang dihasilkan dari algoritma NDVI serta hasil klasifikasi fungsi kawasan hutan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu meliputi tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Batu, Kecamatan Bumiaji dan Kecamatan Junrejo dengan luas kerusakan pada tahun 2002 dan 2013 sebesar 908,50 ha dan 16,19 ha. Kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu dari tahun 2002 – 2013 mengalami penurunan seluas 892,31 ha yang meliputi kerusakan hutan berat seluas 163,38 ha dan kerusakan hutan sedang seluas 728,94 ha. Hal ini menunjukkan bahwa proses rehabilitasi kawasan hutan terlihat semakin baik dilakukan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu.

Kata kunci : Daerah Aliran Sungai (DAS), Kerusakan Hutan, Landsat 7, Landsat 8, NDVI

IDENTIFICATION OF FOREST DEGRADATION ON WATERSHED USING LANDSAT 7 AND LANDSAT 8 IMAGERY

**(Case Study: Sub-Watershed of Upstream Brantas,
Batu City)**

Student Name : Aning Prastiwi
NRP : 3510100002
Departement : Geomatics Engineering
Supervisor : Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstract

Forest as natural resources is often damaged. Thus, it needs to be maintained and restored function. The function of forest is one of that related to the hydrological cycle in Watershed ecosystem. Forest degradation will impact to ecosystem in watershed, especially upstream of watershed that is an area of forest stands. Sub-Watershed of Upstream Brantas is a small part of the catchment area of Brantas river basin in Batu City that is degraded forest. Degradation is caused by the transition of forest into agricultural land and residential.

This study was conducted to identify forest degradation in the region of Sub-Watershed of Upstream Brantas, Batu City in 2002 and 2013 using remote sensing techniques with Landsat 7 and Landsat 8 satellite imagery. First, the method is using NDVI algorithm to get the value of vegetation density. Second, it uses supervised classification based on maximum likelihood for classification function of forest area and land cover classification. Identification of forest degradation done by utilizing vegetation density values generated from NDVI algorithms and result of classification function of forest area.

The result of this study indicates that the rate of forest degradation in Sub-Watershed of Upstream Brantas, Batu City covering three districts, namely Batu, Bumiaji and Junrejo, with extensive damage in 2002 and 2013 amounted to 908.50 ha and

16.19 ha. Forest degradation in the region of Sub-Watershed of Upstream Brantas, Batu City from 2002 to 2013 was decreased amounted to 892.31 ha covering the worst damage area 163.38 ha and average damage area 728.94 ha. This suggests that the process of rehabilitation of forest looks better in the region of Sub-Watershed of Upper Brantas, Batu City.

Keywords: Watershed, Forest Degradation, Landsat 7, Landsat 8, NDVI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan

Berdasarkan Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang kehutanan mendefinisikan hutan sebagai suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.50/Menhut-II/2009 tentang penegasan status dan fungsi kawasan hutan dijelaskan sebagai berikut:

1. Kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk atau ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap.
2. Hutan Produksi yang dapat dikonservasi yang selanjutnya disebut HPK adalah kawasan hutan yang secara ruang dicadangkan untuk digunakan bagi pembangunan di luar kehutanan.
3. Hutan Produksi Tetap yang selanjutnya disebut HP adalah kawasan hutan dengan faktor-faktor kelas lereng, jenis tanah dan intensitas hujan setelah masing-masing dikalikan dengan angka penimbang mempunyai jumlah nilai dibawah 125, di luar kawasan lindung, hutan suaka alam, hutan pelestarian alam dan taman buru.
4. Hutan Produksi Terbatas yang selanjutnya disebut HPT adalah kawasan hutan dengan faktor-faktor kelas lereng, jenis tanah dan intensitas hujan setelah masing-masing dikalikan dengan angka penimbang mempunyai jumlah nilai dibawah 125-174, di luar kawasan lindung, hutan suaka alam, hutan pelestarian alam dan taman buru.
5. Hutan Lindung yang selanjutnya disebut HL adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk

mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah.

6. Hutan Konservasi yang selanjutnya disebut HK adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya.
7. Areal Penggunaan Lain yang selanjutnya disebut APL adalah areal bukan kawasan hutan.

Selanjutnya, menurut Peraturan Pemerintah No. 28 Tahun 2011 tentang pengelolaan kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam dijelaskan bahwa:

1. Kawasan Suaka Alam selanjutnya disingkat KSA adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di daratan maupun di perairan yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan.
2. Kawasan Pelestarian Alam selanjutnya disingkat KPA adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di daratan maupun di perairan yang mempunyai fungsi pokok perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.
3. Cagar Alam adalah KSA yang karena keadaan alamnya mempunyai kekhasan/keunikan jenis tumbuhan dan/atau keanekaragaman tumbuhan beserta gejala alam dan ekosistemnya yang memerlukan upaya perlindungan dan pelestarian agar keberadaan dan perkembangannya dapat berlangsung secara alami.
4. Suaka Margasatwa adalah KSA yang mempunyai kekhasan/keunikan jenis satwa liar dan/atau keanekaragaman satwa liar yang untuk kelangsungan

hidupnya memerlukan upaya perlindungan dan pembinaan terhadap populasi dan habitatnya.

5. Taman Nasional adalah KPA yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata, dan rekreasi.
6. Taman Hutan Raya adalah KPA untuk tujuan koleksi tumbuhan dan/atau satwa yang alami atau bukan alami, jenis asli dan/atau bukan asli, yang tidak invasif dan dimanfaatkan untuk kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata, dan rekreasi.
7. Taman Wisata Alam adalah KPA yang dimanfaatkan terutama untuk kepentingan pariwisata alam dan rekreasi.

2.2. Kerusakan Hutan

Menurut Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang kehutanan, yang dimaksud dengan kerusakan hutan adalah terjadinya perubahan fisik, sifat fisik, atau hayatinya, yang menyebabkan hutan tersebut terganggu atau tidak dapat berperan sesuai dengan fungsinya.

Kerusakan hutan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Kerusakan tegakan (pohon dan kayu) hal ini biasanya diakibatkan pencurian kayu/pohon, bencana alam dan penyakit.
2. Kerusakan kawasan/lahan yang diakibatkan oleh bencana alam (longsor, banjir/aliran permukaan, perambahan hutan dan kebakaran).
3. Kerusakan fungsi (sebagai sumber air dan pengatur aliran sungai) ini diakibatkan oleh kondisi fisik hutan (kawasan dan pohonnya) akibat pembukaan lahan yang berlebihan sehingga tidak dapat dikembalikan kondisi hutannya.
4. Kerusakan ekosistem dan iklim mikro yang ada yaitu adanya simbiosis mutualisme diantara mikro organisme yang ada di dalam suatu wilayah hutan tertentu, dimana

akan berubah dengan adanya perubahan kondisi hutan yang ada.

2.3. Daerah Aliran Sungai (DAS)

2.3.1. Definisi DAS

Berdasarkan Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang sumber daya air, yang dimaksud dengan daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Dalam pendefinisian DAS pemahaman akan konsep daur hidrologi sangat diperlukan. Konsep daur hidrologi DAS menjelaskan bahwa air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi, yang kemudian akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran.

Dalam mempelajari ekosistem DAS, dapat diklasifikasikan menjadi daerah hulu, tengah dan hilir. DAS bagian hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, sedangkan DAS bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transpor sedimen serta material terlarut dalam sistem aliran airnya. Dengan perkataan lain, ekosistem DAS bagian hulu mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata

air, dan oleh karenanya pengelolaan DAS hulu seringkali menjadi fokus perhatian mengingat dalam suatu DAS, bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi (Asdak, 2004).

2.3.2. Pewilayahan DAS

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial No. P.3/V-Set/2013 tentang pedoman identifikasi karakteristik daerah aliran sungai, secara umum suatu DAS dibagi dalam tiga wilayah sebagai berikut :

- 1) DAS Bagian Hulu didefinisikan sebagai daerah aliran yang terbatas pada bagian hulu dimana > 70% dari permukaan lahan DAS tersebut umumnya mempunyai kemiringan lahan > 8%. Disini, aspek prioritas pemanfaatan lahan adalah konservasi tanah dan pengendalian erosi. Secara hidrologis, DAS Bagian Hulu biasanya membentuk daerah utama pengisian kembali curah hujan untuk air permukaan dan air tanah dari DAS.
- 2) DAS Bagian Tengah didefinisikan sebagai aliran yang terbatas pada bagian tengah, dimana kurang lebih 50% dari permukaan lahan DAS tersebut mempunyai kemiringan lahan < 8% serta dimana baik konservasi tanah maupun pengendalian banjir adalah sama pentingnya. Secara hidrologis DAS Bagian Tengah membentuk daerah utama transisi curah hujan untuk air tanah.
- 3) DAS Bagian Hilir didefinisikan sebagai daerah aliran yang terbatas pada bagian hilir, dimana kurang lebih 70% permukaannya mempunyai kemiringan < 8%. Disini, pengendalian banjir dan *drainage* biasanya merupakan faktor-faktor yang terabaikan dalam pengembangan tata guna lahan.

2.4. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi mengenai suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung (Danoedoro, 2012). Data penginderaan jauh dapat berupa citra, grafik, dan data numerik. Data tersebut dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti.

Data penginderaan jauh diperoleh dari suatu satelit, pesawat udara balon udara atau wahana lainnya. Data-data tersebut berasal rekaman sensor yang memiliki karakteristik berbeda-beda pada masing-masing tingkat ketinggian yang akhirnya menentukan perbedaan dari data penginderaan jauh yang dihasilkan (Richard dan Jia, 2006).

Pengumpulan data penginderaan jauh dapat dilakukan dalam berbagai bentuk sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi daya, distribusi gelombang bunyi atau distribusi energi elektromagnetik (Purwadhi, 2001).

Analisa data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik dan data lapangan. Hasil analisa yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi dan kondisi sumberdaya lokasi. Informasi tersebut bagi para pengguna dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dalam mengembangkan daerah tersebut. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data, analisis data hingga penggunaan data tersebut disebut Sistem Penginderaan Jauh (Purwadhi, 2001).

2.4.1. Sistem Penginderaan Jauh

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan

Landsat 7 mengalami kegagalan kerja (malfungsi). Tanpa operasi SLC, arah perekaman sensor ETM+ menjadi *zigzag*. Kerusakan ini bersifat permanen sehingga citra Landsat 7 yang direkam setelah tanggal tersebut memiliki cacat berupa duplikasi perekaman yang tumpang tindih dan gap (USGS, 2010).

2.5.1. Karakteristik Landsat 7

Landsat 7 membawa satu sensor yaitu *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+). Sensor tersebut merupakan duplikasi dari sensor TM pada Landsat TM 4 dan 5 yang mendapat tambahan satu *band* pankromatik dengan resolusi spasial 15 m, sedangkan pada inframerah termal resolusinya spasialnya meningkat dari 120 meter pada Landsat TM menjadi 60 meter. Karakteristik Landsat ETM+ dan fungsi masing-masing saluran disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Karakteristik Band Landsat 7 dan Kegunaannya (Lillesand dan Kiefer, 2004)

<i>Band</i>	Kisaran Panjang Gelombang	Kegunaan Utama
1	0,45-0,52 Gelombang Biru	Penetrasi tubuh air, analisis penggunaan lahan, tanah, dan vegetasi. Pembedaan vegetasi dan lahan
2	0,52-0,60 Gelombang Hijau	Pengamatan puncak pantulan vegetasi pada saluran hijau yang terletak diantara dua saluran penyerapan. Pengamatan ini dimaksudkan untuk membedakan jenis vegetasi dan untuk membedakan tanaman sehat dan tidak sehat

Lanjutan Tabel 2.1 Karakteristik Band Landsat 7 dan Kegunaannya (Lillesand dan Kiefer, 2004)

<i>Band</i>	Kisaran Panjang Gelombang	Kegunaan Utama
3	0,630-0,690 Gelombang Merah	Saluran terpenting untuk membedakan jenis vegetasi. Saluran ini terletak pada salah satu daerah penyerapan klorofil dan memudahkan pembedaan antara lahan terbuka terhadap lahan bervegetasi.
4	0,76-0,90 Gelombang Inframerah Dekat	Saluran yang peka terhadap biomassa vegetasi. Juga untuk identifikasi jenis tanaman, memudahkan pembedaan tanah dan tanaman serta air
5	1,55-1,75 Gelombang Inframerah Pendek	Saluran penting untuk penentuan jenis tanaman, kandungan air tanaman, kondisi kelembaban tanah
6	10,40-12,50 Gelombang Inframerah Termal	Klasifikasi vegetasi, analisis gangguan vegetasi, pemisahan kelembaban tanah, dan sejumlah gejala lainnya yang berhubungan dengan panas
7	2,085-2,35 Inframerah Pendek	Untuk membedakan formasi batuan dan pemetaan hidrotermal
8	0,50-0,90 Pankromatik	Saluran ini digunakan untuk meningkatkan resolusi spasial

akuisisi data untuk kalibrasi dengan menggunakan matahari, bulan dan bintang-bintang (Sitanggang, 2010). Parameter-parameter orbit satelit LDCM (Landsat 8) ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Parameter- Parameter Orbit Satelit Landsat 8 (Sitanggang, 2010)

Jenis Orbit	mendekati lingkaran sikron- matahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98,2°
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi katulistiwa (<i>Local Time on Descending Node-LTDN</i>) nominal	Jam 10:00 s.d 10:15 pagi

2.6.2. Sensor Pencitra pada Satelit LDCM (Landsat 8) dan Karakteristik Data Citra

Satelit LDCM (Landsat 8) dirancang membawa sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang mempunyai 1 *band* inframerah dekat dan 7 *band* tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter.

Sensor pencitra OLI mempunyai *band-band* spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat 7, akan tetapi sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru, yaitu: *band*-1: 443 nm untuk *aerosol* garis pantai dan *band*-9: 1375 nm untuk deteksi *cirrus*, namun tidak mempunyai *band* inframerah termal. Tabel 2.3

menunjukkan Spesifikasi *Band-Band* Spektral Pencitra LDCM (Landsat 8). Perbandingan Parameter Spektral Instrumen OLI dan ETM+ Landsat 7, ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Spesifikasi *Band-Band* Spektral Pencitra LDCM (Landsat 8) (Sitanggang, 2010)

No	Band	Kisaran spektral (nm)	Penggunaan Data	GSD	Radiance ($W/m^2 sr \mu m$), typical	SNR
1	Biru	433 - 453	<i>Aerosol/ coastal zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450 - 515	<i>Pigments/ scatter/ coastal</i>	30 m (Band-band warisan TM)	40	130
3	Hijau	525 - 600	<i>Pigments/ coastal</i>		30	100
4	Merah	630 - 680	<i>Pigments/ coastal</i>		22	90
5	Infra merah dekat	845 - 885	<i>Foliage/ coastal</i>		14	90
6	SWIR 2	1.560 – 1.660	<i>Foliage</i>		4,0	100
7	SWIR 3	2.100 – 2.300	<i>Minerals/ litter/no scatter</i>		1,7	100
8	PAN	500 - 680	<i>Image sharpening</i>	15 m	23	80
9	SWIR	1.360 – 1.390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m	6,0	130

Tabel 2.4 Perbandingan Parameter-Parameter Spektral
Sensor Pencitra OLI/LDCM (Landsat 8) dan
ETM+/Landsat 7 OLI (LDCM) ETM (Sitanggang, 2010)

OLI (LDCM)			ETM+ (Landsat 7)		
No. <i>Band spectral</i>	Panjang gelombang (μm)	GSD (m)	No. <i>Band spectral</i>	Panjang gelombang (μm)	GSD (m)
8 (PAN)	0,500 – 0,680	15	8 (PAN)	0,52 – 0,90	15
1	0,433 – 0,453	30			
2	0,450 – 0,515	30	1	0,45 – 0,52	30
3	0,525 – 0,600	30	2	0,53 – 0,61	30
4	0,630 – 0,680	30	3	0,63 – 0,69	30
			4	0,78 – 0,90	
5	0,845 – 0,885	30			
6	1,360 – 1,390	30	5	1,55 – 1,75	30
7	2,100 – 2,300	30	7	2,09 – 2,35	30
Kemampuan pencitraan <i>OLI</i> tidak termasuk termal			6 (TIR)	10,40 – 12,50	60

2.6.3. TIRS (*Thermal Infrared Sensor*)

Untuk menghasilkan kontinuitas *band* inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat 8) mengalami pengembangan, yaitu sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*) pada misi LDCM (Landsat-8) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk *band-band* inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI. Perbandingan Parameter Spektral Instrumen OLI dan ETM+ Landsat 7, ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

2.7. Pengolahan Data Citra

2.7.1. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan dengan mengasosiasikan piksel pada citra satelit dengan lokasi sebenarnya di permukaan bumi. Pada penerapannya, lokasi tersebut biasanya dilambangkan oleh titik yang diukur langsung pada objek tertentu yang mudah dikenali pada citra misalnya persimpangan jalan, percabangan sungai dan lain-lain. Titik koreksi ini dikenal dengan sebutan titik kontrol lapangan (GCP atau *Ground Control Point*). Setiap GCP akan mengasosiasikan satu posisi pada citra satelit dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi (Ekadinata, dkk., 2008). Terdapat dua metode koreksi geometrik, yaitu sebagai berikut:

a. Koreksi Geometri dengan Rektifikasi Citra ke Peta

Rektifikasi citra ke peta menggunakan prinsip bahwa peta mempunyai sistem proyeksi dan koordinat yang lebih benar sehingga dapat diacu oleh citra. Dalam proses ini, sistem geometri citra diubah menjadi planimetrik. Segala aktivitas pemanfaatan citra yang memerlukan pengukuran jarak, arah, dan luas yang akurat selalu memerlukan jenis koreksi ini. Meskipun demikian, metode koreksi ini tidak mampu menghilangkan semua distorsi yang disebabkan oleh pergeseran relief pada citra. Oleh karena itu, metode koreksi semacam ini akan sangat terasa kekurangannya untuk menghasilkan citra yang terproyeksikan secara *orthogonal* penuh (*orthoimage*) dengan menghilangkan semua distorsi (Danoedoro, 2012).

b. Koreksi Geometri dengan Rektifikasi Citra ke Citra

Koreksi geometri dengan rektifikasi dari citra ke citra merupakan suatu proses yang membandingkan pasangan titik-titik yang dapat

diidentifikasi dengan mudah pada kedua citra. Rektifikasi citra ke citra tidak memerlukan hasil yang harus menyajikan informasi tentang koordinat yang benar-benar sesuai dengan peta (Danoedoro, 2012).

2.7.2. Koreksi Radiometrik

Pada saat satelit memindai permukaan bumi, sensor yang terdapat di satelit menerima pantulan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh permukaan bumi dan menyimpan informasi-informasi tersebut dalam nilai spektral yang direpresentasikan dalam nilai digital (*digital number*, DN) untuk setiap piksel pada citra (Smith, 2005). Informasi yang disimpan berdasarkan pada kondisi kalibrasi sensor dan lingkungan pada waktu pemindaian permukaan bumi, maka data citra satelit yang diambil pada waktu yang berbeda juga memiliki informasi yang berbeda pula. Oleh karena perbedaan informasi itu, harus dilakukan suatu koreksi yakni dengan mengubah nilai digital setiap piksel ke nilai reflektan untuk setiap piksel pada citra satelit sebagai kompensasi dari perbedaan kondisi kalibrasi sensor dan lingkungan pada setiap waktu pengambilan data oleh satelit (Andross, 2011).

Untuk mengubah DN ke nilai reflektan pada citra Landsat 7, maka DN harus diubah ke nilai radiansi terlebih dahulu, setelah itu nilai radiansi dikonversi ke nilai reflektansi (Smith, 2005). Radiansi didapatkan dari DN dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max} - L_{min}}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} (Q_{cal} - Q_{calmin}) + L_{min} \dots\dots(2.1)$$

Dimana :

L_{λ} = Nilai radiansi spektral dalam ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$)

Q_{cal} = Nilai digital untuk setiap piksel pada citra
(*digital number*)

Q_{calmax} = Nilai piksel maksimum (= 255)

Q_{calmin} = Nilai piksel minimum (= 1)

L_{max} = Nilai radiansi untuk setiap *band* pada Q_{calmax}

L_{min} = Nilai radiansi untuk setiap *band* pada Q_{calmin}

Nilai radiansi dikonversi menjadi nilai reflektansi dengan persamaan (Smith, 2005):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{E_{sun\lambda} \cos(\theta_s)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

ρ_{λ} = Nilai reflektansi pada lapisan atas atmosfer
untuk setiap piksel pada citra

L_{λ} = Nilai radiansi diperoleh dari persamaan 3.1

$E_{sun\lambda}$ = Konstanta radiansi *exoatmosferik* matahari

θ_s = Sudut *zenith* matahari dalam derajat

π = 3.14159

d^2 = Jarak bumi-matahari dalam unit astronomi
(UA)

Citra Landsat 8

Untuk *band OLI* (*Operational Land Imager*) pada Landsat 8, nilai *digital number* (DN) dapat dikonversikan langsung menjadi nilai reflektan menggunakan koefisien *reflectance rescaling* yang tersedia dalam *product metadata file* (*MTL file*). Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi nilai *DN* ke nilai reflektan pada band OLI adalah (USGS, 2013):

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$\rho\lambda'$ = Nilai reflektansi planet pada lapisan atas atmosfer (tanpa koreksi *solar angle*)

M_p = Nilai *band-specific multiplicative rescaling factor* dari *metadata* (*REFLECTANCE_MULT_BAND_x*, dimana x adalah *band number*)

A_p = Nilai *band-specific additive rescaling factor* dari *metadata* (*REFLECTANCE_ADD_BAND_x*, dimana x adalah *band number*)

Q_{cal} = *Digital number (DN)*

2.7.3. Citra Komposit Warna

Citra komposit warna merupakan variasi dari beberapa *band* sekaligus untuk lebih mempertajam kenampakan objek tertentu sehingga mempermudah dalam melakukan interpretasi citra manual (Rohmawati, 2012).

Citra komposit warna asli tersusun atas citra *band* biru, hijau, dan merah, yang masing-masing diberi warna biru, hijau, dan merah. Dengan susunan atau komposisi warna seperti ini maka kenampakan citra menjadi sama seperti yang kita lihat sehari-hari. Sedangkan citra komposit warna semu standar (*standard false colour*) tersusun atas *band* inframerah dekat, merah, dan hijau, yang masing-masing diberi warna berturut-turut merah, hijau, dan biru. Apa yang tampak pada citra komposit warna semu standar sangat serupa dengan kenampakan pada foto udara inframerah berwarna semu (*false colour aerial photographs*) (Danoedoro, 2012).

2.7.4. Klasifikasi Citra

Asumsi paling awal dalam klasifikasi multispektral ialah bahwa setiap objek dapat dibedakan dari yang lain berdasarkan nilai spektralnya (Danoedoro, 2012). Disamping itu, Danoedoro (2012) menyebutkan bahwa klasifikasi multispektral mengasumsikan: (a) resolusi spasial tinggi, dimana setiap piksel merupakan piksel murni yang tersusun atas satu macam objek penutup lahan, (b) piksel-piksel yang menyusun satu jenis penutup lahan mempunyai kesamaan spektral, (c) setiap penutup lahan yang berbeda juga mempunyai perbedaan spektral yang signifikan.

Proses klasifikasi multispektral dengan bantuan komputer masih dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tingkat otomasinya sebagai berikut (Danoedoro, 2012):

1. Klasifikasi Terselia (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terselia meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh objek (berupa nilai spektral) oleh operator. Contoh ini disebut sampel, dan lokasi geografis kelompok piksel sampel ini disebut sebagai daerah contoh (*training area*). Dua hal penting yang harus dipertimbangkan dalam klasifikasi ialah sistem klasifikasi dan kriteria sampel. Disamping itu, algoritma klasifikasi juga sangat menentukan (Danoedoro, 2012).

a. Sistem atau Skema Klasifikasi

Klasifikasi multispektral secara langsung hanya dapat diterapkan untuk pemetaan penutup lahan (*land cover*), dan bukan penggunaan lahan. Aspek penggunaan lahan secara deduktif dapat diturunkan dari informasi penutup

lahannya, atau dengan cara lain melalui pemasukan informasi bantu atau *ancillary data* (rotasi tanaman, citra multitemporal, faktor bentuk lahan, dan sebagainya). Oleh karena itu, skema klasifikasi yang disiapkan harus berisi kelas-kelas penutup lahan bukan penggunaan lahan karena aspek fungsi ini tidak dapat dipresentasikan secara langsung melalui nilai piksel (Danoedoro, 2012).

b. Kriteria Sampel

Sama dengan metode penelitian ataupun survei yang lain, sampel haruslah homogen. Homogenitas sampel dalam klasifikasi digital ditunjukkan oleh homogenitas nilai piksel. Artinya, nilai simpangan baku kelompok piksel tiap sampel haruslah rendah untuk tiap *band*. Cara termudah untuk mengambil sampel yang memenuhi kriteria ini ialah dengan mengambil piksel-piksel murni. Disamping itu, kriteria statistik pun diperlukan untuk menilai sampel. Sampel yang baik tentunya mempunyai homogenitas nilai piksel yang tinggi, yang ditunjukkan oleh kecilnya nilai simpangan baku, bentuk histogramnya, dan bentuk gugusannya yang mengelompok pada *feature space* (Danoedoro, 2012).

c. Algoritma Klasifikasi Terselia

Beberapa algoritma klasifikasi terselia adalah algoritma jarak minimum terhadap rerata (*minimum distance to mean*), algoritma *parallelepiped* (*box classification*), algoritma kemiripan maksimum (*maximum likelihood*), dan algoritma tetangga terdekat (*k-nearest neighbour*).

Dalam penelitian ini digunakan algoritma kemiripan maksimum (*maximum likelihood*). Klasifikasi berdasarkan kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan strategi klasifikasi terselia dengan cara mengevaluasi kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasikan piksel yang tidak dikenal. Pengkelasan ini menggunakan bentuk *training sample* yang bersifat sebaran normal (distribusi normal), yaitu semua sebaran pola tanggapan spektral tutupan lahan diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan matriks kovarian, sehingga probabilitas statistiknya berupa kurva normal (Gaussian) (Purwadhi, 2001).

Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini menggunakan sistem klasifikasi kelas penutupan lahan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5 Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Satelit Optis Resolusi Sedang di Bidang Kehutanan

No	Kelas	Simbol	Definisi
1	Hutan lahan kering primer	Hp	Hutan alam atau hutan yang tumbuh dan berkembang secara alami, stabil dan belum pernah mengalami gangguan eksploitasi oleh manusia.
2	Hutan lahan kering sekunder	Hs	Hutan yang tumbuh secara alami sesudah terjadinya kerusakan/ perubahan pada tumbuhan hutan yang pertama.

Lanjutan Tabel 2.5 Kelas Penutupan Lahan dalam Penafsiran Citra Satelit Optis Resolusi Sedang di Bidang Kehutanan

No	Kelas	Simbol	Definisi
3	Hutan tanaman	Ht	Hutan tanaman yang dibangun dalam rangka meningkatkan potensi dan kualitas hutan produksi (sudah ditanami), termasuk hutan tanaman untuk reboisasi dan hutan tanaman industri.
4	Permukiman	Pm	Lahan yang digunakan untuk permukiman, baik perkotaan, pedesaan, industri, fasilitas umum dll, dengan memperlihatkan bentuk-bentuk yang jelas
5	Pertanian lahan kering	Pt	Aktivitas pertanian di lahan kering seperti tegalan dan ladang.
6	Pertanian lahan kering dan semak	Pc	Aktivitas pertanian lahan kering dan kebun yang berselang-seling dengan semak, belukar dan hutan bekas tebangan.
7	Sawah	Sw	Hamparan lahan untuk aktivitas pertanian yang dicirikan oleh pola pematang
8	Tanah terbuka	T	Lahan terbuka tanpa vegetasi dan lahan terbuka bekas kebakaran.

2. Klasifikasi Tak Terselia (*Unsupervised Classification*)

Klasifikasi tak terselia secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator. Proses ini sendiri adalah suatu proses iterasi, sampai menghasilkan pengelompokan akhir gugus-gugus spektral. campur tangan operator terutama setelah gugus-gugus spektral terbentuk, yaitu dengan menandai tiap gugus sebagai objek tertentu (Danoedoro, 2012).

2.7.5. Uji Ketelitian Klasifikasi

Penelitian menggunakan data dan metode tertentu perlu dilakukan uji ketelitian, karena hasil uji ketelitian sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Uji ketelitian interpretasi yang dapat dilakukan dalam empat cara (Purwadhi, 2001):

- a. Melakukan pengecekan lapangan serta pengukuran beberapa titik (*sample area*) yang dipilih dari penggunaan lahan. Uji ketelitian pada setiap area sampel penutup/penggunaan lahan yang homogen. Pelaksanaannya pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan diambil beberapa sampel area didasarkan homogenitas kenampakannya dan diuji kebenarannya di lapangan (survei lapangan). Rumus untuk menghitung ketelitian dengan metode ini adalah:

$$KI = \frac{JKL}{JSL} * 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- KI = Ketetapan interpretasi
 JKL = Jumlah kebenaran interpretasi
 JSL = Jumlah sampel lapangan

Ketelitian klasifikasi masuk dalam toleransi yang ditetapkan apabila KH atau ketelitian seluruh klasifikasi memiliki nilai diatas 80% (Anderson, 1972).

- b. Menilai kecocokan hasil interpretasi setiap citra dengan peta referensi atau foto udara pada daerah yang sama dan waktu yang sama. Hal ini sangat diperlukan dalam penafsiran batas-batas dan perhitungan (pengukuran) luas setiap jenis penutup/penggunaan lahan.
- c. Analisa statistik dilakukan pada data dasar dan citra hasil klasifikasi. Analisa dilakukan terutama terhadap kesalahan setiap penutup/penggunaan lahan yang disebabkan oleh keterbatasan resolusi citra (khususnya resolusi spasial karena merupakan dimensi keruangan). Analisa dilakukan dengan beberapa piksel dengan perhitungan varian statistik setiap *band* spektral data yang digunakan. Pengambilan piksel untuk uji ketelitian diambil yang betul-betul murni penutup lahannya (bukan piksel gabungan atau piksel yang isinya beberapa jenis kenampakan = *mix pixel*).
- d. Membuat matriks dari perhitungan setiap kesalahan (*confusion matrix*) pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh. Ketelitian pemetaan dibuat dalam beberapa kelas X yang dapat dihitung dengan rumus (Purwadhi, 2001):

$$MA = \frac{X_{cr}}{X_{cr \text{ piksel} + X_o \text{ piksel} + X_{co \text{ piksel}}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

MA = Ketelitian pemetaan (*Mapping Accuracy*)

Xcr = Jumlah kelas X yang terkoreksi

X_o = Jumlah kelas X yang masuk ke kelas lain
(omisi)

X_{co} = Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain
(komisi)

Sedangkan ketelitian dari seluruh hasil klasifikasi (KH) adalah:

$$KH = \frac{\text{Jumlah Piksel Benar Semua Kelas}}{\text{Jumlah Piksel Semua Kelas}} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.8. *Strength of Figure*

Geometri dari suatu jaringan dapat dikarakterisir dengan beberapa parameter, seperti jumlah dan lokasi titik dalam jaringan, jumlah *baseline* dalam jaringan, konfigurasi *baseline* dan *loop*, serta konektivitas titik dalam jaringan (Abidin, 2002). Kekuatan geometri jaringan akan sangat tergantung pada karakteristik yang diadopsi dari parameter-parameter tersebut. Untuk jumlah titik dalam jaringan yang sama, beberapa bentuk konfigurasi jaringan dapat dibuat tergantung pada karakteristik parameter geometri jaringan yang digunakan (Basori, 2012).

Nilai *Strength of Figure* yang memenuhi syarat adalah kurang dari 1, artinya semakin kecil faktor bilangan *Strength of Figure* maka semakin baik pula konfigurasi jaringan dari jaring tersebut dan sebaliknya (Abidin, 2002).

$$\text{Strength of Figure} = [\text{trace}(A^T A)^{-1}] / U \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

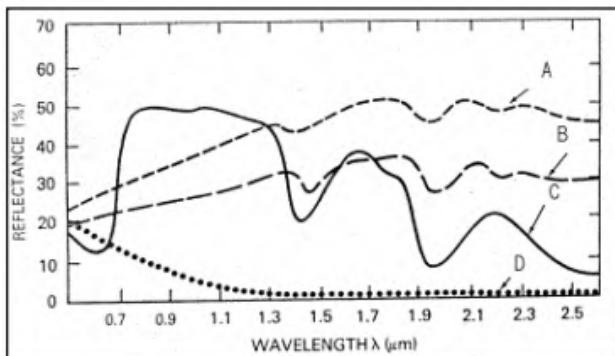
U = Jumlah parameter yang dipengaruhi oleh jumlah titik kontrol yang digunakan.

Trace = Jumlah elemen diagonal dari suatu matriks

Dalam hal ini semakin kecil bilangan faktor kekuatan jaringan tersebut di atas, maka akan semakin baik konfigurasi jaringan yang bersangkutan, dan sebaliknya.

2.9. Indeks Vegetasi

Vegetasi, sebagaimana tanah dan air, mempunyai karakteristik spektral yang unik dalam merespon energi elektromagnetik matahari yang mengenainya. Vegetasi menyerap banyak energi pada spektrum tampak (terutama biru dan merah), namun banyak memantulkan energi pada spektrum inframerah dekat (Gambar 2.5). Vegetasi hijau menyerap banyak radiasi matahari pada spektrum merah untuk digunakan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis, sedangkan energi pada spektrum inframerah dekat tidak mencukupi untuk mensintesis molekul-molekul organik dalam tumbuhan (Marjuki, 2008).



(A = tanah kering, B = tanah lembab, C = vegetasi, D = air)
Gambar 2.5 Kurva Pantulan Objek Tanah, Vegetasi dan Air
(Lillesand dan Kiefer, 2004)

Implikasi hal di atas terhadap data penginderaan jauh adalah pada band merah citra penginderaan jauh multispektral, vegetasi hijau akan berona gelap dan mempunyai nilai pantulan yang rendah, sedangkan pada

band inframerah dekat justru sebaliknya (Marjuki, 2008). Dengan transformasi indeks vegetasi, informasi respon vegetasi dari *band* merah dan inframerah dekat dapat dikombinasikan untuk memperoleh informasi vegetasi dengan hasil lebih baik daripada analisis dua saluran secara terpisah (Marjuki, 2008).

Indeks vegetasi adalah suatu formula transformasi matematis yang mengkombinasikan dua atau lebih *band* pada citra penginderaan jauh yang ditujukan untuk memperoleh informasi vegetasi dengan lebih baik. Berbagai macam indeks vegetasi telah dikembangkan, namun NDVI merupakan indeks yang paling banyak diaplikasikan (Marjuki, 2008).

2.9.1. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan kombinasi antara teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra (Danoedoro, 2012). Algoritma NDVI banyak digunakan untuk berbagai aplikasi terkait vegetasi. NDVI memiliki efektivitas untuk memprediksi sifat permukaan ketika kanopi vegetasi tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jarang (Liang, 2004). Algoritma NDVI (Landgrebe, 2003) diuraikan sebagai berikut :

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{R} / \text{NIR} + \text{R} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

NIR : Nilai spektral *band* inframerah dekat

R : Nilai spektral *band* merah

NDVI digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan yang sangat baik sebagai awal pembagian daerah vegetasi. NDVI dapat menunjukkan parameter yang berhubungan dengan parameter vegetasi, antara

lain biomass dedaunan hijau, daerah dedaunan hijau dan *hence* yang merupakan nilai yang dapat diperkirakan untuk pembagian vegetasi. NDVI dipilih karena algoritma ini telah dikenal luas dalam penginderaan jauh untuk studi vegetasi. Nilai hasil perhitungan indeks vegetasi ini berkisar antara +1 hingga -1.

Nilai negatif dari NDVI (nilai mendekati -1) sesuai dengan nilai pantulan air pada laut yang dalam. Nilai mendekati nol (-0,1 sampai 0,1) umumnya sesuai dengan daerah tandus batu, pasir, atau salju. Nilai-nilai positif yang rendah mewakili belukar dan padang rumput (sekitar 0,2 sampai 0,4), sementara nilai-nilai tinggi menunjukkan hutan hujan subtropis dan tropis (nilai mendekati 1). Kisaran khas adalah antara sekitar -0,1 (untuk area tidak terlalu hijau) sampai 0,6 (untuk daerah yang sangat hijau).

Tabel 2.6 Kisaran Tingkat Kerapatan NDVI
(Departemen Kehutanan, 2003)

Kelas	Kisaran NDVI	Tingkat Kerapatan
1	-1,0 s.d 0,32	Jarang
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang
3	> 0,42 s.d 1	Tinggi

Berdasarkan nilai kerapatan NDVI (Tabel 2.6), untuk masing-masing nilai kerapatan NDVI memiliki interval dengan tingkat kerusakan hutan. Penentuan tingkat kerusakan hutan ini didasarkan pada penelitian Iskandar, dkk. (2012) yang membagi tingkat kerusakan hutan berdasarkan nilai NDVI dari pengolahan citra digital. Tingkat kerusakan hutan dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kelas kerusakan berat, kelas kerusakan sedang dan kelas kerusakan tidak rusak seperti disajikan pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Tingkat Kerusakan Hutan Berdasarkan NDVI dan Kerapatan Kanopi (Iskandar, dkk., 2012)

No	Kisaran Nilai NDVI	Kelas Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50%
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 – 70
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70%

2.10. Penelitian Terdahulu

Iskandar, dkk. (2012) dalam penelitiannya mengenai analisis kerapatan vegetasi menggunakan teknik penginderaan jauh sebagai evaluasi kerusakan hutan di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango memberikan hasil penilaian kerapatan vegetasi dan masing-masing kelas kerapatan vegetasi mempunyai interval dengan standar kelas kerusakan hutan, nilai kerusakan berat mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara -1 s/d 0,32, kerusakan sedang mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara > 0,32 s/d 0,42 dan kerusakan tidak rusak mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara > 0,42 s/d 1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan Kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango mengalami penurunan kerapatan vegetasi yang disebabkan oleh penebangan liar di daerah Ciambar Kabupaten Sukabumi, penambangan pasir yang semakin mengancam daerah penyangga taman nasional di daerah Cugenang Kabupaten Cianjur dan *Illegal Loging* yang semakin tinggi intensitasnya di Nagrak Kabupaten Sukabumi.

Penelitian Yudhistira (2012) mengenai pemanfaatan citra penginderaan jauh untuk identifikasi kerusakan hutan di Kabupaten Brebes Tahun 1999-2009 menunjukkan bahwa citra Landsat 7 ETM+ dapat digunakan untuk identifikasi sebaran kerusakan hutan. Namun resolusi citra

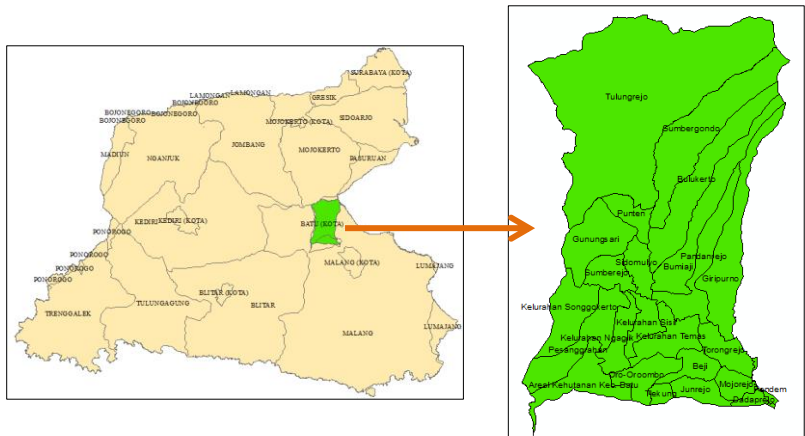
Landsat 7 ETM+ yang rendah dan mengalami *SLC-off* sehingga memberikan ketelitian yang kurang baik dan kurang maksimal maka dari itu perlu dilakukan uji ketelitian/keakuratan hasil interpretasi dengan cek lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh kecamatan di Kabupaten Brebes yang memiliki hutan mengalami kerusakan yang ditandai dengan adanya pengurangan luas hutan. Sedangkan tingkat kerusakan hutan dapat diketahui melalui metode komparatif bahwa hanya ada dua tingkat kerusakan hutan berdasarkan kriteria yaitu sedang dan rendah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Sub DAS Brantas Hulu yang secara administratif terletak di wilayah Kota Batu. Secara geografis Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu terletak di $112^{\circ}19'52''$ – $112^{\circ}44'0,9''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}44'29''$ – $7^{\circ}55'39''$ Lintang Selatan. Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan di bagian utara, Kecamatan Karangploso dan Kecamatan Singosari Kabupaten Malang di bagian timur, Kecamatan Dau Kabupaten Malang di bagian selatan, dan Kecamatan Pujon Kabupaten Malang di bagian barat.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu (BPDAS Brantas, 2007)

3.2. Data dan Peralatan

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

- a. Citra satelit Landsat 7 ETM+ tahun 2002 tanggal akuisisi 6 Juli 2002 *path/row* 118/065 dan citra satelit Landsat 8 tanggal akuisisi 28 Juli 2013 *path/row* 118/065.
- b. Peta RBI lembar Batu (1608-111), Bumiaji (1608-113), Banjarejo (1508-322), Pujon (1508-324) skala 1:25.000 tahun 1999.
- c. Peta batas delineasi wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu tahun 2007, BPDAS Brantas.
- d. Peta kawasan hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu tahun 2012, Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur.

3.2.2. Peralatan

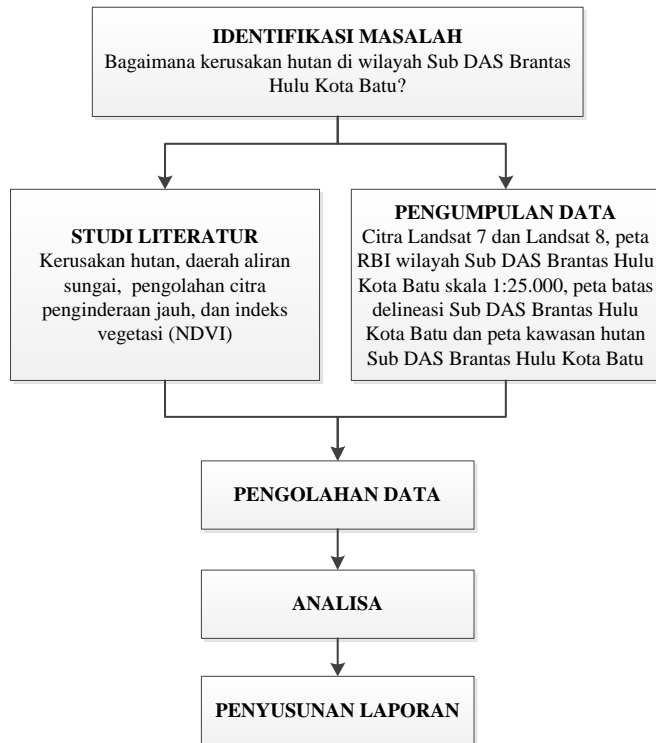
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - Laptop
 - GPS Navigasi
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - Perangkat lunak pengolah citra untuk pengolahan data citra.
 - *ArcGIS* untuk pembuatan *layout* peta.
 - *Miscrosoft Office 2010* untuk pembuatan laporan, perhitungan data dan pembuatan diagram alir.

3.3. Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahap Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini secara garis besar digambarkan seperti pada diagram alir berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Adapun penjelasan diagram alir tahapan penelitian sebagai berikut:

1) Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu dalam rentang tahun 2002 dan tahun 2013 menggunakan citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8.

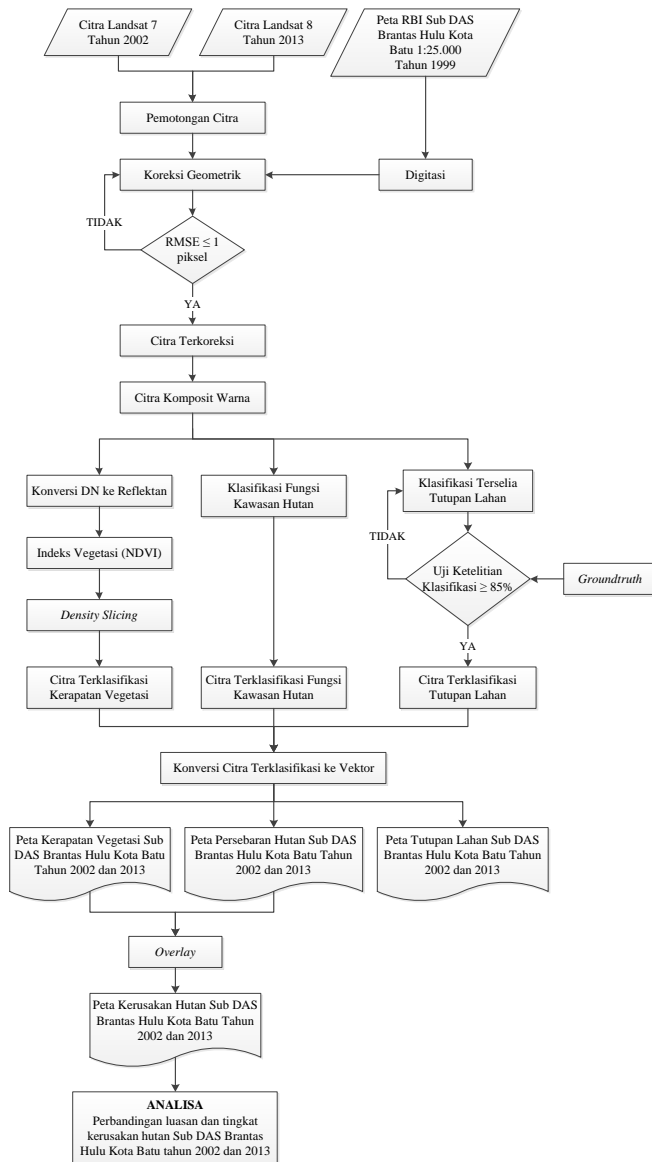
2) Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah:

- Studi Literatur
Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan kerusakan hutan, daerah aliran sungai, pengolahan citra penginderaan jauh, indeks vegetasi dan literatur lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, majalah, koran, internet dan lain-lain.
 - Pengumpulan Data
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian, baik data primer maupun data sekunder.
- 3) Tahap Pengolahan Data
Tahap ini merupakan tahap pengolahan data citra Landsat 7 dan Landsat 8 serta data penunjang lainnya yang digunakan untuk membuat peta kerapatan vegetasi tahun 2002 dan 2013, peta persebaran hutan tahun 2002 dan 2013, peta kerusakan hutan tahun 2002 dan 2013, serta peta tutupan lahan tahun 2002 dan 2013.
 - 4) Tahap Analisa
Pada tahap ini dilakukan analisa data yang telah diolah sehingga didapatkan hasil tentang perbandingan luasan dan tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu tahun 2002 dan 2013. Dari hasil analisa didapatkan kesimpulan yang nantinya digunakan untuk menyusun laporan Tugas Akhir.
 - 5) Tahap Akhir
Tahap ini merupakan keseluruhan penyelesaian dari penelitian Tugas Akhir berupa pembuatan laporan Tugas Akhir.

3.4. Tahap Pengolahan Data

Tahapan dari pengolahan data sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data

Penjelasan dari tahap pengolahan data di atas adalah sebagai berikut:

1) Pemotongan Citra

Pemotongan citra dilakukan untuk mendapatkan citra digital yang hanya meliputi daerah penelitian sehingga lebih memfokuskan pengolahan data.

2) Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik bertujuan untuk mereduksi kesalahan geometrik sehingga dihasilkan citra terkoreksi geometrik. Proses koreksi geometrik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah registrasi dari citra dengan peta RBI skala 1:25.000 wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Jumlah titik GCP (*Ground Control Point*) yang digunakan sebanyak 15 titik dengan jumlah *baseline* sebanyak 31 *baseline*.

Untuk uji ketelitian geometrik digunakan rumus RMSE (*Root Mean Square Error*) dengan nilai RMSE rata-rata citra kurang dari sama dengan satu ($RMSE \leq 1$) piksel. Apabila nilai *RMSE* lebih besar dari satu ($RMSE > 1$) maka harus dilakukan koreksi geometrik lagi, sampai di dapat nilai RMSE kurang dari sama dengan satu ($RMSE \leq 1$). Apabila nilai RMSE kurang dari sama dengan satu ($RMSE \leq 1$) maka citra tersebut sudah terkoreksi secara geometrik (Maryantika, 2011).

3) Komposit Warna

Komposit warna bertujuan untuk lebih mempertajam kenampakan objek tertentu sehingga mempermudah dalam interpretasi citra manual. Komposit warna dimanfaatkan sebagai citra tampilan dalam pengambilan sampel, sehingga dengan pemilihan komposit warna yang tepat akan memudahkan dalam pengambilan sampel. Dasar utama pemilihan komposit

warna adalah dengan memperhatikan nilai pantulan spektral obyek pada julat panjang gelombang tertentu.

4) Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengubah nilai *Digital Number* (DN) ke dalam nilai reflektan.

Citra Landsat 7 *ETM+*

Untuk mengubah DN ke nilai reflektan pada citra Landsat 7, maka DN harus diubah ke nilai radiansi terlebih dahulu, setelah itu nilai radiansi dikonversi ke nilai reflektansi (Smith, 2005). Radiansi didapatkan dari DN dengan persamaan 2.1 pada bab sebelumnya dan reflektan didapatkan dari persamaan 2.2 pada bab sebelumnya.

Citra Landsat 8

Untuk *band OLI* (*Operational Land Imager*) pada Landsat 8, nilai *digital number* (DN) dapat dikonversikan langsung menjadi nilai reflektan menggunakan koefisien *reflectance rescaling* yang tersedia dalam *product metadata file* (*MTL file*). Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi nilai *DN* ke nilai reflektan pada band OLI adalah persamaan 2.3 pada bab sebelumnya.

5) Indeks Vegetasi

Pengolahan indeks vegetasi dilakukan dengan memasukkan algoritma indeks vegetasi. Dalam penelitian ini, algoritma indeks vegetasi yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Algoritma NDVI digunakan untuk mendeteksi daerah vegetasi dan non vegetasi serta untuk menentukan kerapatan vegetasinya. Untuk menghitung indeks vegetasi pada citra Landsat 7 *ETM+* diperlukan masukan berupa *band 3* dan *band 4*, sedangkan pada citra Landsat 8 diperlukan masukan berupa *band 4* dan *band 5*.

Algoritma NDVI dapat dilihat pada rumus (2.5) pada bab sebelumnya.

Proses memasukkan aritmatika indeks vegetasi ini akan menghasilkan nilai spektral citra antara -1 sampai dengan 1. Selanjutnya, dilakukan proses pemilahan tingkat kecerahan (*Density Slicing*) atau dikenal juga dengan *level slicing*, yaitu salah satu teknik *enhancement* untuk mendistribusikan nilai spektral pada sumbu x (*axis*) dari histogram citra yang dibagi dalam beberapa interval analisis (Maryantika, 2011). Dari proses ini dihasilkan delapan interval spektral citra yang digunakan dalam klasifikasi indeks vegetasi.

6) Klasifikasi Citra

Penelitian ini menggunakan klasifikasi terselia dengan algoritma kemiripan maksimum (*maximum likelihood*). Klasifikasi terselia meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan sampel (*training area*) oleh operator. Algoritma kemiripan maksimum mengasumsikan bahwa objek yang homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal.

Proses klasifikasi dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi fungsi kawasan hutan. Untuk klasifikasi tutupan lahan digunakan sistem klasifikasi kelas penutupan lahan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.5 pada sebelumnya. Sedangkan, untuk klasifikasi fungsi kawasan hutan digunakan peta kawasan hutan dari dinas kehutanan propinsi Jawa Timur. Kelas fungsi kawasan hutan terdiri dari hutan lindung, hutan produksi, kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam dan area penggunaan lain.

7) *Ground truth*

Ground truth dilakukan untuk mendapatkan beberapa informasi mengenai keadaan penutupan lahan yang sebenarnya di lapangan dan juga titik-titik koordinat dari penutupan lahan tersebut. *Ground truth* dilakukan pada tanggal 10 Mei 2014 dengan mengambil 30 titik.

8) Uji Ketelitian Klasifikasi

Pada uji ketelitian klasifikasi citra hasil tutupan lahan digunakan perhitungan matriks kesalahan (*confusion matrix*) untuk menguji kebenaran hasil klasifikasi pada citra dan kondisi di lapangan. Ada 2 syarat tingkat ketelitian/akurasi sebagai kriteria utama bagi sistem klasifikasi penutupan lahan yang ditetapkan oleh USGS, yaitu: (1) tingkat ketelitian klasifikasi/interpretasi minimum dengan menggunakan penginderaan jauh harus tidak kurang dari 85 % ($\geq 85\%$), dan (2) ketelitian klasifikasi/interpretasi harus lebih kurang sama untuk beberapa kategori (Susilawati dan Jaya, 2003).

9) Konversi Citra Terklasifikasi ke Vektor

Pada citra terklasifikasi tutupan lahan, citra terklasifikasi fungsi kawasan hutan dan citra terklasifikasi kerapatan vegetasi terlebih dahulu dilakukan konversi dari format raster ke vektor. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam analisa lebih lanjut.

Setelah didapat citra dalam bentuk vektor, dilakukan proses pemotongan vektor citra terklasifikasi sesuai dengan batas deliniasi wilayah sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Selanjutnya dari hasil pemotongan vektor citra terklasifikasi dilakukan proses pembuatan layout peta menggunakan *software* ArcGIS. Hasilnya adalah Peta Persebaran Hutan Tahun 2002 dan Tahun 2013 Peta Tutupan Lahan Tahun 2002 dan Tahun 2013,

serta Peta Kerapatan Vegetasi Tahun 2002 dan Tahun 2013.

Kemudian dilakukan proses *overlay* peta kerapatan vegetasi tahun 2002 dan 2013 dengan peta persebaran hutan tahun 2002 dan 2013, sehingga dihasilkan Peta Kerusakan Hutan Tahun 2002 dan Tahun 2013.

10) Analisa

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa perbandingan luasan dan tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu tahun 2002 dan 2013. Luasan dan tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu diperoleh dari perbandingan peta kerusakan hutan tahun 2002 dan 2013. Tingkat kerusakan hutan diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan nilai kerapatan vegetasi yang diperoleh, yaitu nilai kerusakan hutan berat mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara -1 s/d $0,32$, kerusakan hutan sedang mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara $> 0,32$ s/d $0,42$ dan hutan yang tidak rusak mempunyai nilai kerapatan vegetasi antara $> 0,42$ s/d 1 .

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.2. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan pada citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013 dengan peta RBI digital skala 1:25.000 wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Metode koreksi geometrik yang digunakan adalah koreksi geometrik non sistematis dengan menggunakan 15 titik kontrol tanah (*Ground Control Point*) yang diletakkan pada obyek yang mudah dikenali pada citra misalnya persimpangan jalan, percabangan sungai dan sebagainya. Keakuratan koreksi geometrik diperoleh dari hasil perhitungan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) per unit piksel pada citra seperti disajikan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan RMSE Citra Landsat 7

No	Koordinat Citra (<i>Actual</i>) dalam piksel		Koordinat Citra (<i>Predict</i>) dalam piksel		Kesalahan (piksel)		RMS <i>Error</i> (piksel)
	X	Y	X	Y	X	Y	
1	1.753,00	5.502,00	1.753,14	5.501,92	0,14	-0,08	0,16
2	1.988,50	5.443,50	1.987,95	5.443,49	-0,55	-0,01	0,55
3	2.148,00	5.558,75	2.148,63	5.559,05	0,63	0,30	0,70
4	2.083,75	5.775,00	2.083,13	5.774,54	-0,62	-0,46	0,77
5	2.071,25	5.922,50	2.071,04	5.922,80	-0,21	0,30	0,37
6	2.139,25	6.018,75	2.139,53	6.018,70	0,28	-0,05	0,29
7	1.978,50	6.014,00	1.978,49	6.014,20	-0,01	0,20	0,20
8	1.823,25	6.000,50	1.823,24	6.000,43	-0,01	-0,07	0,07
9	1.743,75	5.992,25	1.743,76	5.991,79	0,01	-0,46	0,46
10	1.786,75	5.862,00	1.786,68	5.862,83	-0,07	0,83	0,84
11	1.804,5	5.646,25	1.804,74	5.646,34	-0,01	0,09	0,09
12	1.923,25	5.533,00	1.923,51	5.533,00	0,26	0,00	0,26
13	2.010,25	5.722,00	2.009,98	5.721,82	-0,27	-0,18	0,32

Lanjutan Tabel 4.1 Hasil Perhitungan RMSE Citra Landsat 7

No	Koordinat Citra (<i>Actual</i>) dalam piksel		Koordinat Citra (<i>Predict</i>) dalam piksel		Kesalahan (piksel)		RMS <i>Error</i> (piksel)
	X	Y	X	Y	X	Y	
14	1.930,75	5.882,75	1.930,93	5.882,70	0,18	-0,05	0,18
15	1.924,75	5.738,75	1.925,00	5.738,37	0,25	-0,38	0,45
Rata-rata RMS <i>Error</i>							0,4471

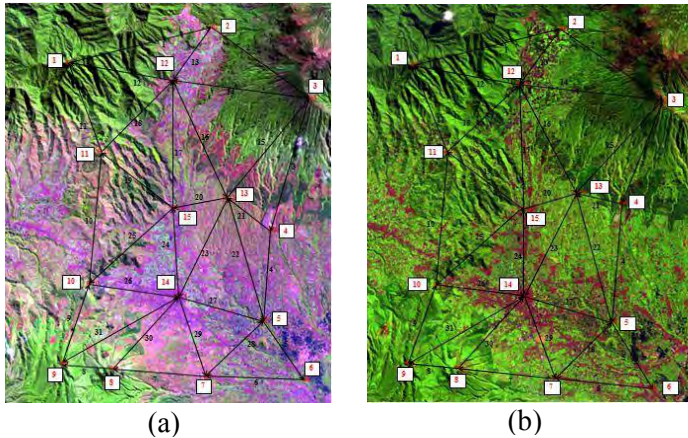
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan RMSE Citra Landsat 8

[illegible]

Dari hasil koreksi geometrik, nilai RMSE rata-rata citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013 telah memenuhi batas toleransi yang disyaratkan, yaitu ≤ 1 piksel.

4.1.3. Kekuatan Jaring Titik Kontrol (*Strength of Figure*)

Desain jaring titik kontrol pada citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Sebaran Titik GCP dan Desain Jaring:
(a) Landsat 7 Tahun 2002 dan (b) Landsat 8 Tahun 2013

Perhitungan *Strength of Figure* (SoF) jaring tersebut adalah :

Jumlah *Baseline* : 31

Jumlah Titik : 15

N ukuran : Jumlah *Baseline* x 3 = 93

N parameter : Jumlah Titik x 3 = 45

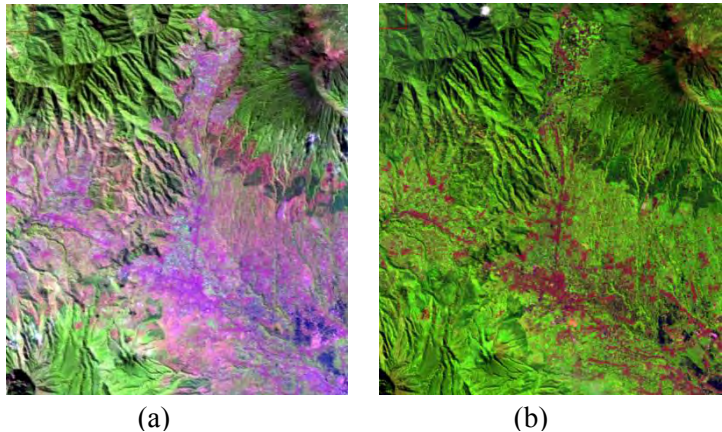
u : N ukuran – N parameter = 48

$$\text{SoF} = \frac{(\text{Trace } [A \times A^T]^{-1})}{u} = \frac{4,9749}{48} = 0,1036$$

Dari hasil perhitungan, nilai kekuatan jaring adalah 0,1036. Semakin kecil bilangan faktor kekuatan jaring tersebut, maka akan semakin baik konfigurasi jaring dan sebaliknya (Abidin, 2002).

4.1.4. Komposit Warna

Dalam penelitian ini komposit warna yang digunakan adalah kombinasi *band* RGB 542 untuk Landsat 7 dan kombinasi *band* RGB 653 untuk Landsat 8.



Gambar 4.4 Komposit Warna Citra: (a) Landsat 7 RGB 542 dan (b) Landsat 8 RGB 653

4.1.5. Konversi *Digital Number* (DN)

Konversi *Digital Number* (DN) dilakukan dengan mengubah DN ke dalam nilai reflektan. Pada citra Landsat 7, konversi DN ke nilai reflektan dilakukan melalui dua tahap, yaitu (1) konversi DN ke nilai radian dan (2) konversi nilai radian ke nilai reflektan. Sedangkan pada Landsat 8, konversi DN dilakukan dengan mengubah DN ke nilai reflektan

tanpa harus mengubah DN ke nilai radian terlebih dahulu. Persamaan yang digunakan untuk mengubah nilai tersebut adalah:

- a. Konversi DN ke nilai radian diperoleh berdasarkan persamaan 3.1 dan konversi nilai radian ke nilai reflektan diperoleh berdasarkan persamaan 2.1 kedua persamaan tersebut digunakan untuk citra Landsat 7.
- b. Konversi DN ke nilai reflektan diperoleh berdasarkan persamaan 2.2 untuk citra Landsat 8.

Berikut ini adalah data citra Landsat 7 dan Landsat 8 yang digunakan untuk konversi DN.

Tabel 4.3 Metadata Citra Landsat 7

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	<i>Lmax</i>	<i>Lmin</i>
<i>Band 1</i>	0,45 – 0,52	191,60	-6,20
<i>Band 2</i>	0,52 – 0,60	196,50	-6,40
<i>Band 3</i>	0,63 – 0,69	152,90	-5,00
<i>Band 4</i>	0,76 – 0,90	241,10	-5,10
<i>Band 5</i>	1,55 – 1,75	31,06	-1,00
<i>Band 7</i>	2,08 – 2,35	10,80	-0,35
Akuisisi Citra		6 Juli 2002	
<i>Qcalmax</i>		255	
<i>Qcalmin</i>		0	
<i>Sun Azimuth</i>		45,46748998	
<i>Sun Elevation</i>		46,63677492	

Tabel 4.4 Metadata Citra Landsat 8

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	<i>Mp</i>	<i>Ap</i>
<i>Band 1</i>	0,433 – 0,453	0,00002	-0,100000
<i>Band 2</i>	0,450 – 0,515	0,00002	-0,100000

Lanjutan Tabel 4.4 Metadata Citra Landsat 8

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	<i>Mp</i>	<i>Ap</i>
<i>Band 3</i>	0,525 – 0,600	0,00002	-0,100000
<i>Band 4</i>	0,630 – 0,680	0,00002	-0,100000
<i>Band 5</i>	0,845 – 0,885	0,00002	-0,100000
<i>Band 6</i>	1,360 – 1,390	0,00002	-0,100000
Akuisisi Citra		28 Juli 2013	
<i>Qcalmax</i>		65.535	
<i>Qcalmin</i>		0	
<i>Sun Azimuth</i>		47,18226527	
<i>Sun Elevation</i>		51,20922153	

Tabel 4.5 *Solar Irradiance* ($E_{\text{sun}\lambda}$) Citra Landsat 7
(Chander, 2009)

<i>Band</i>	Watts/(meter squared * μm)
<i>Band 1</i>	1.969,00
<i>Band 2</i>	1.840,00
<i>Band 3</i>	1.551,00
<i>Band 4</i>	1.044,00
<i>Band 5</i>	225,70
<i>Band 7</i>	82,07

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.5 dapat dihitung nilai-nilai yang digunakan untuk mendapatkan nilai reflektan pada citra Landsat 7 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Nilai Citra Landsat 7

<i>Julian Date</i>	2.452.461,600
d	1,003
d ²	1,007
Sudut <i>Zenith</i> (θ_s)	0,756831
Cos θ_s	0,727015

Selanjutnya, Tabel 4.4 digunakan untuk mendapatkan nilai reflektan pada citra Landsat 8.

4.1.6. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi (Danoedoro, 2012). Indeks vegetasi pada pengolahan data dilakukan dengan menggunakan algoritma NDVI. Algoritma NDVI untuk Landsat 7 dan Landsat 8 dapat dilihat pada Persamaan 2.8 pada Bab II. Penentuan kelas indeks vegetasi pada algoritma NDVI mengacu pada peraturan Departemen Kehutanan tahun 2003 yang membagi kelas NDVI menjadi tiga kelas seperti disajikan pada Tabel 2.6.

Rentang nilai indeks vegetasi pada masing-masing citra berbeda-beda yang menyebabkan nilai *density slice* untuk masing-masing citra juga berbeda. Berikut adalah hasil klasifikasi indeks vegetasi yang dibagi menjadi delapan kelas berdasarkan nilai *density slice* dari masing-masing citra.

a. NDVI citra Landsat 7 tahun 2002

Hasil klasifikasi indeks vegetasi citra Landsat 7 tahun 2002 disajikan pada Tabel 4.8.

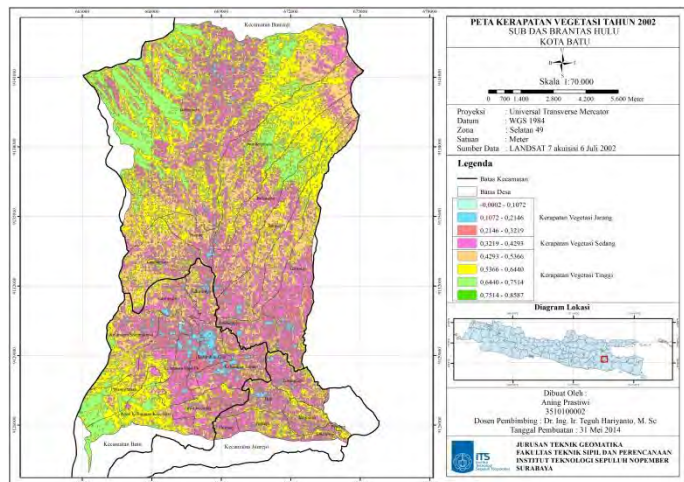
Tabel 4.7 Kisaran NDVI Citra Landsat 7 Tahun 2002

No	Kisaran Nilai NDVI	Kerapatan Vegetasi	Luas (ha)	%
1	-0,0002 – 0,1072	Jarang	14,76	0,09
2	0,1072 – 0,2146	Jarang	406,63	2,53
3	0,2146 – 0,3219	Jarang	1.439,44	8,95
4	0,3219 – 0,4293	Sedang	3424,61	21,29
5	0,4293 – 0,5366	Tinggi	4895,65	26,62

Lanjutan Tabel 4.7 Kisaran NDVI Citra Landsat 7
Tahun 2002

No	Kisaran Nilai NDVI	Kerapatan Vegetasi	Luas (ha)	%
6	0,5366 – 0,6440	Tinggi	4.080,02	25,37
7	0,6440 – 0,7514	Tinggi	1.814,31	11,28
8	0,7514 – 0,8587	Tinggi	9,13	0,06
Total			16.084,55	100

Luas terbesar berada pada kisaran NDVI 0,4293 – 0,5366 dengan kerapatan vegetasi tinggi, yaitu 4895,65 ha.



Gambar 4.5 Hasil Klasifikasi Indeks Vegetasi Citra
Landsat 7 Tahun 2002

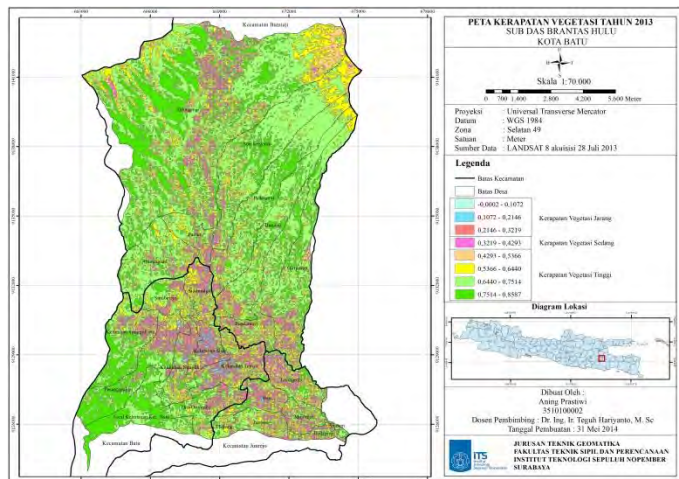
b. NDVI citra Landsat 8 tahun 2013

Hasil klasifikasi indeks vegetasi citra Landsat 8 tahun 2013 disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Kisaran NDVI Citra Landsat 8 Tahun 2013

No	Kisaran Nilai NDVI	Kerapatan Vegetasi	Luas (ha)	%
1	-0,0002 – 0,1072	Jarang	8,91	0,06
2	0,1072 – 0,2146	Jarang	138,92	0,86
3	0,2146 – 0,3219	Jarang	536,07	3,33
4	0,3219 – 0,4293	Sedang	764,87	4,76
5	0,4293 – 0,5366	Tinggi	1.289,26	8,02
6	0,5366 – 0,6440	Tinggi	2.708,45	16,84
7	0,6440 – 0,7514	Tinggi	7.335,57	45,61
8	0,7514 – 0,8587	Tinggi	3.302,49	20,53
Total			16.084,55	100

Luas terbesar pada kisaran NDVI 0,6440 – 0,7514 dengan kerapatan vegetai tinggi, yaitu 7.335,57 ha.

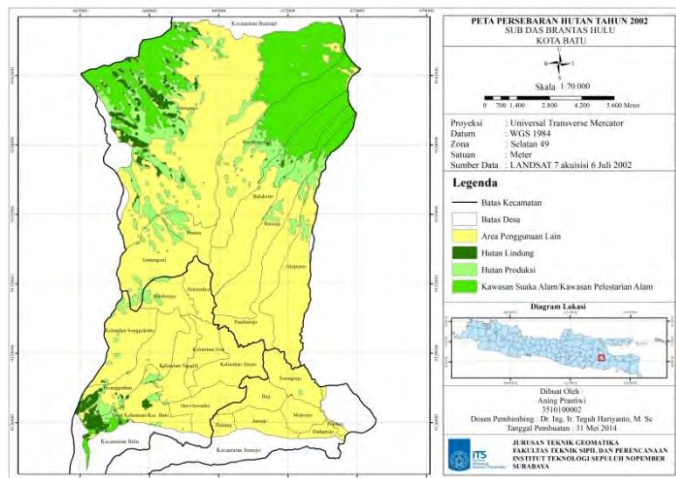


Gambar 4.6 Hasil Klasifikasi Indeks Vegetasi Citra Landsat 8 Tahun 2013

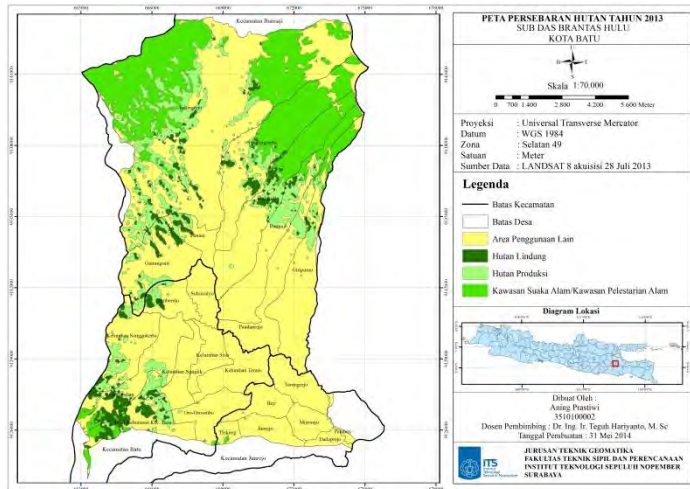
4.1.7. Klasifikasi Fungsi Kawasan Hutan

Klasifikasi fungsi kawasan hutan pada citra Landsat 7 tahun 2002 dan citra Landsat 8 tahun 2013 didasarkan pada klasifikasi kawasan hutan dari Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur. Klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi terselia berdasarkan *maximum likelihood* dengan hasil klasifikasi berupa peta persebaran hutan yang diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu area penggunaan lain, hutan lindung, hutan produksi dan kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam. Selanjutnya dari keempat kelas tersebut dapat dibagi menjadi kawasan hutan yang terdiri dari hutan lindung, hutan produksi dan kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam dan bukan kawasan hutan yang merupakan area penggunaan lain.

Berikut ini adalah hasil klasifikasi fungsi kawasan hutan citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013.



Gambar 4.7 Hasil Klasifikasi Fungsi Kawasan Hutan Citra Landsat 7 Tahun 2002



Gambar 4.8 Hasil Klasifikasi Fungsi Kawasan Citra Landsat 8 Tahun 2013

Dari hasil klasifikasi dapat diketahui luasan fungsi kawasan hutan tahun 2002 dan 2013 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Luasan Fungsi Kawasan Hutan Tahun 2002

No	Fungsi Kawasan Hutan	Luas (ha)	%
1	Area Penggunaan Lain	10.674,36	66,36
2	Hutan Lindung	685,77	4,26
3	Hutan Produksi	2.342,59	14,56
4	Kawasan Suaka Alam/ Kawasan Pelestarian Alam	2.383,09	14,81
Total		16.085,81	100

Dari Tabel 4.9 diatas menunjukkan bahwa luas kawasan hutan (hutan lindung, hutan produksi dan kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam) sebesar 5.411,45 (33,64%) dan bukan kawasan hutan (area

penggunaan lain) sebesar 10.674,36 (66,36%). Dimana luas kawasan hutan terbesar adalah kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam sebesar 2.383,09 ha dengan persentase 14,81% dan terkecil adalah hutan lindung sebesar 685,77 ha dengan persentase 4,26%.

Tabel 4.10 Luasan Fungsi Kawasan Hutan Tahun 2013

No	Fungsi Kawasan Hutan	Luas (ha)	%
1	Area Penggunaan Lain	9.424,80	58,59
2	Hutan Lindung	1.298,36	8,07
3	Hutan Produksi	2.393,90	14,88
4	Kawasan Suaka Alam/ Kawasan Pelestarian Alam	2.968,75	18,46
Total		16.085,81	100

Berdasarkan Tabel 4.10 ditunjukkan bahwa luas kawasan hutan (hutan lindung, hutan produksi dan kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam) sebesar 6.661,01 ha (41,41%) dan bukan kawasan hutan (area penggunaan lain) sebesar 9.424,80 (58,59%). Dimana luas kawasan hutan terbesar adalah kawasan suaka alam/kawasan pelestarian alam sebesar 2.968,75 ha dengan persentase 18,46% dan terkecil adalah hutan lindung sebesar 1.298,36 ha dengan persentase 8,07%.

4.1.8. Klasifikasi Kerusakan Hutan

Dari hasil pengolahan indeks vegetasi citra Landsat 7 dan Landsat 8, kemudian dilakukan proses *overlay* dengan hasil klasifikasi fungsi kawasan hutan untuk mengetahui nilai kerapatan vegetasi (NDVI) yang termasuk kawasan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Selanjutnya, dari nilai kerapatan vegetasi (NDVI) tersebut dapat ditentukan

kelas kerusakan hutan yang digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Penentuan kelas kerusakan hutan didasarkan pada penelitian Iskandar, dkk. (2012) yang menggunakan nilai NDVI untuk menghasilkan kelas kerusakan hutan berdasarkan pengolahan citra penginderaan jauh. Kelas kerusakan hutan yang dihasilkan dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kerusakan berat dengan nilai NDVI $-1,0$ s.d $0,32$, kerusakan sedang dengan nilai NDVI $> 0,32$ s.d $0,42$ dan tidak rusak dengan nilai NDVI $> 0,42$ s.d 1 , seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.6 pada bab sebelumnya.

Dari hasil klasifikasi kerusakan hutan dihasilkan peta kerusakan hutan tahun 2002 dan tahun 2013 (Gambar 4.9 dan Gambar 4.10) dengan masing-masing luas kerusakan hutan disajikan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.11 Luas Kerusakan Hutan Tahun 2002

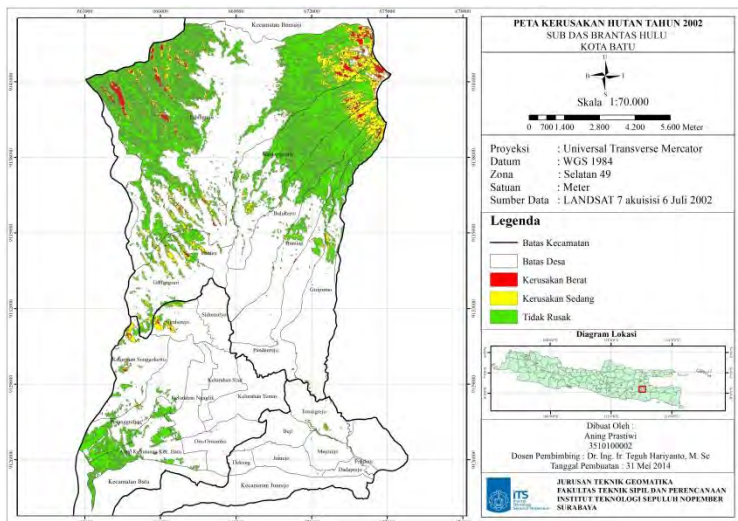
No	Kisaran Nilai NDVI	Kelas Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)	%
1	$-1,0$ s.d $0,32$	Berat	< 50 %	164,37	3,04
2	$> 0,32$ s.d $0,42$	Sedang	50 - 70 %	744,13	13,75
3	$> 0,42$ s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	4.502,95	83,21
Total				5.411,44	100

Berdasarkan Tabel 4.11, diketahui bahwa luas kerusakan hutan berat sebesar 3,04 %, kerusakan hutan sedang sebesar 13,75% dan hutan yang tidak rusak sebesar 83,21%.

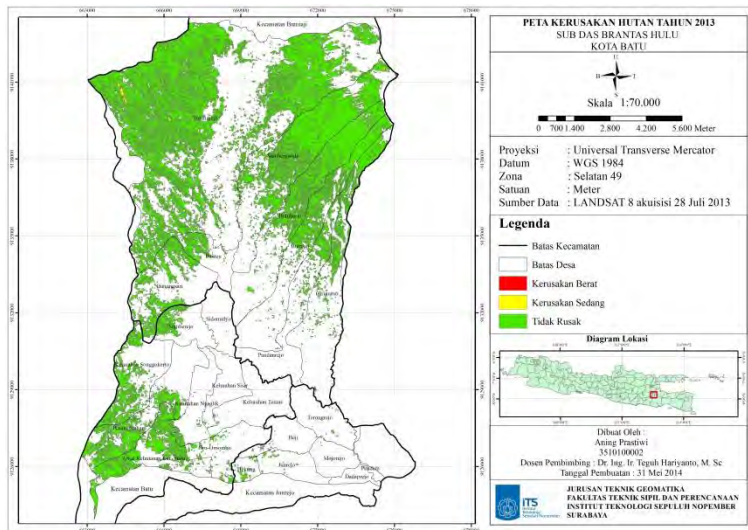
Tabel 4.12 Luas Kerusakan Hutan Tahun 2013

No	Kisaran Nilai NDVI	Kelas Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)	%
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	0,99	0,01
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	15,20	0,23
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	6.644,82	99,76
Total				6.661,00	100

Dari Tabel 4.12, luas kerusakan hutan berat sebesar 0,01%, kerusakan hutan sedang sebesar 0,23% dan hutan yang tidak rusak sebesar 99,76%.



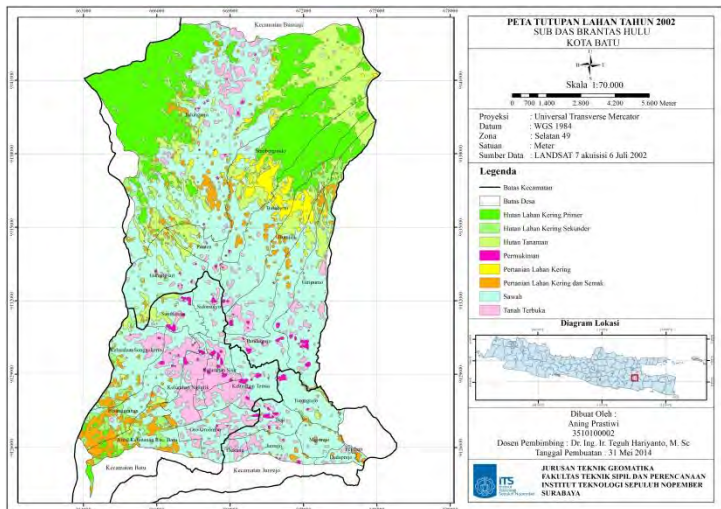
Gambar 4.9 Peta Kerusakan Hutan Tahun 2002



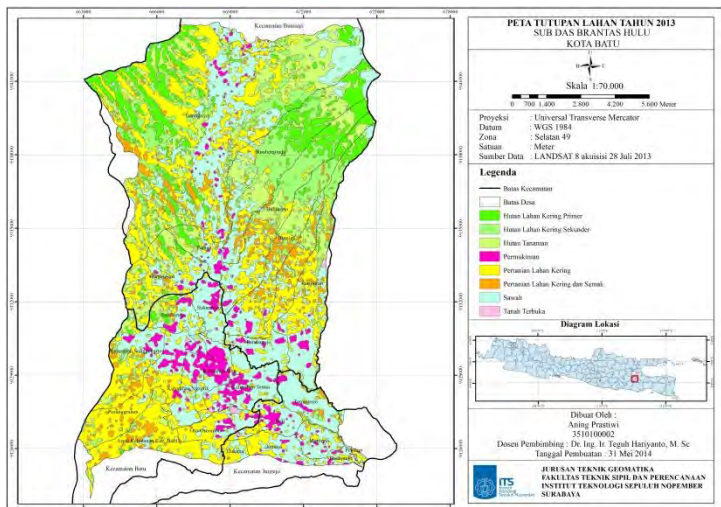
Gambar 4.10 Peta Kerusakan Hutan Tahun 2013

4.1.9. Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini digunakan sebagai informasi tambahan untuk mengetahui informasi tutupan lahan yang terdapat di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Klasifikasi yang dilakukan pada citra Landsat 7 tahun 2002 dan citra Landsat 8 tahun 2013 menggunakan klasifikasi terselia berdasarkan *maximum likelihood*. Hasil klasifikasi berupa peta tutupan lahan yang diklasifikasikan menjadi 8 kelas, yaitu hutan lahan kering primer (Hp), hutan lahan kering sekunder (Hs), hutan tanaman (Ht), pemukiman (Pm), pertanian lahan kering (Pt), pertanian lahan kering dan semak (Pc), sawah (Sw) dan tanah terbuka (T). Hasil klasifikasi tutupan lahan citra Landsat 7 tahun 2002 dan citra Landsat 8 tahun 2013 wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Landsat 7 Tahun 2002



Gambar 4.12 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan Citra Landsat 8 Tahun 2013

Berikut adalah luasan hasil klasifikasi tutupan lahan citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013:

Tabel 4.13 Luas Tutupan Lahan Tahun 2002

No	Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	%
1	Hutan Lahan Kering Primer	3.284,92	20,42
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	1.012,76	6,30
3	Hutan Tanaman	1.879,05	11,68
4	Pemukiman	400,97	2,49
5	Pertanian Lahan Kering	415,88	2,59
6	Pertanian Lahan Kering dan Semak	1.154,42	7,18
7	Sawah	6.725,33	41,81
8	Tanah Terbuka	1.212,47	7,54
Total		16.085,81	100

Tabel 4.14 Luas Tutupan Lahan Tahun 2013

No	Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	%
1	Hutan Lahan Kering Primer	2.549,68	15,85
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	2.549,61	15,85
3	Hutan Tanaman	1.817,81	11,30
4	Pemukiman	1.419,82	8,83
5	Pertanian Lahan Kering	3.202,32	19,91
6	Pertanian Lahan Kering dan Semak	1.508,31	9,38
7	Sawah	2.985,03	18,56
8	Tanah Terbuka	53,22	0,33
Total		16.085,81	100

Dari Tabel 4.13 ditunjukkan bahwa tutupan lahan terbesar didominasi oleh sawah sebesar 6.725,33 ha (41,81%) dan terkecil adalah pemukiman dengan

luas 400,97 ha (2,49%) dari luas seluruhnya. Sedangkan, dari Tabel 4.14 diketahui bahwa tutupan lahan terbesar didominasi oleh pertanian lahan kering sebesar 3.202,32 (19,91%) dan terkecil adalah tanah terbuka dengan luas 53,22 ha (0,33%) dari luas seluruhnya.

4.1.10. Uji Ketelitian Klasifikasi

Uji ketelitian klasifikasi dilakukan untuk mengetahui ketelitian hasil klasifikasi tutupan lahan. Metode yang digunakan adalah perhitungan matriks kesalahan (*confusion matrix*) dengan tingkat ketelitian klasifikasi harus tidak kurang dari 85% ($\geq 85\%$) (Susilawati dan Jaya, 2003). Berikut merupakan hasil perhitungan *confusion matrix* citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013:

Tabel 4.15 Hasil *Confusion Matrix* Citra Landsat 7 Tahun 2002

Kelas	Total referensi	Total terklasifikasi	Jumlah Benar	<i>Producer's Accuracy</i>	<i>User's Accuracy</i>
Hp	87	87	81	93,1	96,43
Hs	45	45	36	80	90
Ht	72	72	71	98,61	100
Pm	53	53	52	98,11	100
Pt	45	45	42	93,33	73,68
Pc	24	24	24	100	100
Sw	92	92	87	94,57	100
T	31	31	31	100	91,18
Total	449	449	424		
<i>Overall Accuracy</i> = (424/449) = 94,43%					
<i>Kappa Coefficient</i> = 0,9349					

Tabel 4.16 Hasil *Confusion Matrix* Citra Landsat 8 Tahun 2013

Kelas	Total referensi	Total terklasifikasi	Jumlah Benar	Producer's Accuracy	User's Accuracy
Hp	45	41	39	86,67	95,12
Hs	43	52	42	97,67	80,77
Ht	87	93	84	96,55	90,32
Pm	60	61	58	96,67	95,08
Pt	83	74	70	84,34	94,59
Pc	17	15	11	64,71	73,33
Sw	73	72	70	95,89	97,22
T	22	22	22	100	100
Total	430	430	396		
Overall Accuracy = (396/430) = 92,09%					
Kappa Coefficient = 0,9068					

Dari hasil perhitungan *confusion matrix* pada Tabel 4.15 dan 4.16 di atas, didapatkan hasil ketelitian keseluruhan klasifikasi untuk citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013 yaitu 94,43% dan 92,09%. Nilai ini telah memenuhi standar tingkat klasifikasi yang ditentukan yaitu $\geq 85\%$.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Identifikasi Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu Tahun 2002

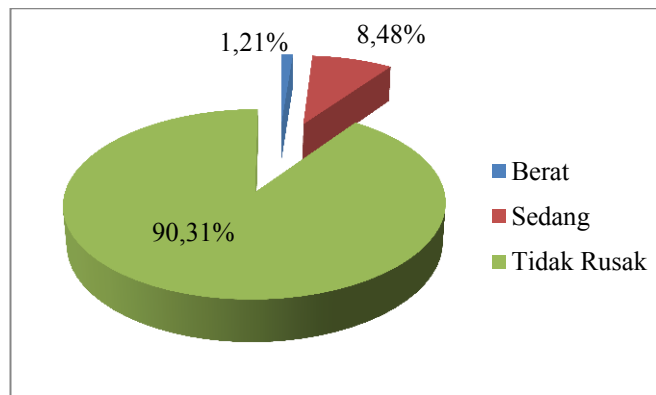
Luasan dan tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu diperoleh dari peta kerusakan hutan tahun 2002. Tingkat kerusakan hutan diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan nilai kerapatan vegetasi (NDVI) yang diperoleh, yaitu kerusakan hutan berat mempunyai nilai NDVI antara -

1 s/d 0,32, kerusakan hutan sedang mempunyai nilai NDVI antara > 0,32 s/d 0,42 dan hutan yang tidak rusak mempunyai nilai NDVI antara > 0,42 s/d 1.

Luasan dan tingkat kerusakan hutan tahun 2002 yang tersebar di setiap Kecamatan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu disajikan pada Tabel 4.17 – 4.19 berikut.

Tabel 4.17 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Batu

No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	6,12
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	42,95
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	457,48
Total				506,55

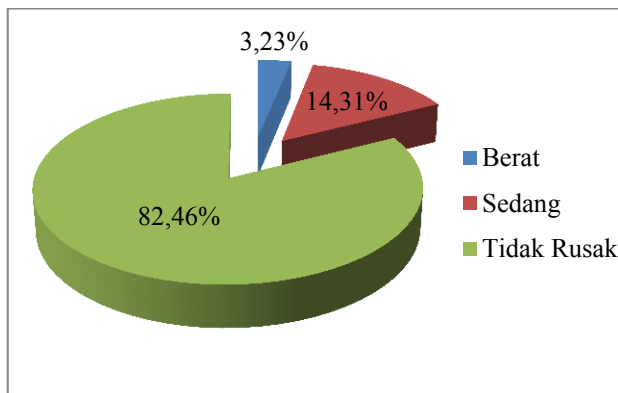


Gambar 4.13 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Batu

Dari Tabel 4.17 menunjukkan bahwa tingkat kerusakan hutan di Kecamatan Batu tahun 2002 terdiri dari kerusakan hutan berat dengan luas sebesar 6,12 ha (1,21%), kerusakan hutan sedang seluas 42,95 ha (8,48%) dan hutan yang tidak rusak seluas 457,48 ha (90,31%).

Tabel 4.18 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Bumiaji

No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	157,99
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	699,42
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	4.029,66
Total				4.887,07



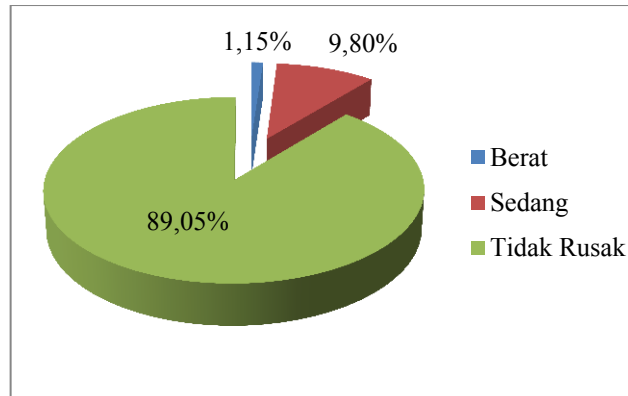
Gambar 4.14 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Bumiaji

Dari Tabel 4.18 menunjukkan bahwa tingkat kerusakan hutan di Kecamatan Bumiaji tahun 2002

terdiri dari kerusakan hutan berat dengan luas 157,99 ha (3,23%), kerusakan hutan sedang seluas 699,42 ha (14,31%) dan hutan yang tidak rusak seluas 4.029,66 ha (82,46%).

Tabel 4.19 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Junrejo

No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	0,18
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	1,54
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	13,99
Total				15,71



Gambar 4.15 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Junrejo

Dari Tabel 4.19 ditunjukkan bahwa tingkat kerusakan hutan di Kecamatan Junrejo tahun 2002 terdiri dari kerusakan hutan berat dengan luas 0,18 ha (1,15%), kerusakan hutan sedang seluas 1,54 ha

(9,80%) dan hutan yang tidak rusak seluas 13,99 ha (89,05%).

4.2.2. Identifikasi Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu Tahun 2013

Luasan dan tingkat kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu diperoleh dari peta kerusakan hutan tahun 2013. Tingkat kerusakan hutan diklasifikasikan menjadi tiga kelas berdasarkan nilai kerapatan vegetasi (NDVI) yang diperoleh, yaitu kerusakan hutan berat mempunyai nilai NDVI antara -1 s/d 0,32, kerusakan hutan sedang mempunyai nilai NDVI antara > 0,32 s/d 0,42 dan hutan yang tidak rusak mempunyai nilai NDVI antara > 0,42 s/d 1.

Luasan dan tingkat kerusakan hutan tahun 2013 yang tersebar di setiap Kecamatan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu disajikan pada Tabel 4.20 – 4.22 berikut.

Tabel 4.20 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Batu

No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	0
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	0
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	960,70
Total				960,70

Dari Tabel 4.20 menunjukkan bahwa kawasan hutan di Kecamatan Batu pada tahun 2013 tidak mengalami kerusakan dengan luas hutan yang tidak rusak sebesar 960,70 ha.

Tabel 4.21 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Bumiaji

No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	0,99
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	15,19
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	5.652,31
Total				5.668,48

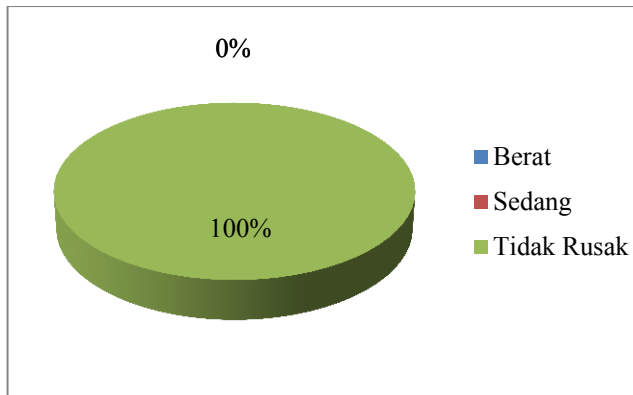
Dari Tabel 4.21 menunjukkan bahwa tingkat kerusakan hutan di Kecamatan Bumiaji pada tahun 2013 terdiri dari kerusakan hutan berat dengan luas 0,99 ha (0,02%), kerusakan hutan sedang seluas 15,19 ha (0,27%) dan hutan yang tidak rusak seluas 5.652,31 ha (99,71%).

Tabel 4.22 Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan
Kecamatan Junrejo

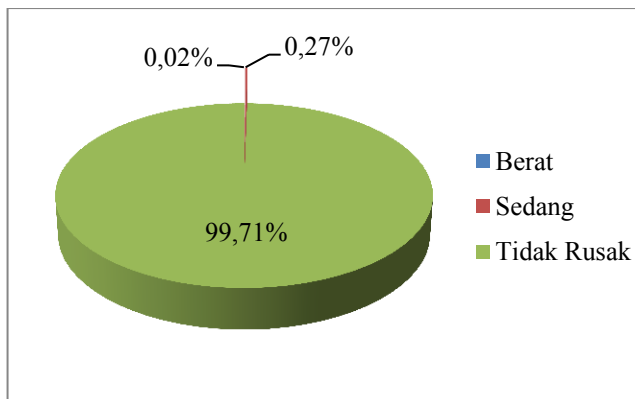
No	Kisaran Nilai NDVI	Tingkat Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	0
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	0
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	29,71
Total				29,71

Dari Tabel 4.22 menunjukkan bahwa hutan di Kecamatan Junrejo pada tahun 2013 tidak mengalami kerusakan dengan luas hutan yang tidak rusak sebesar 29,71 ha.

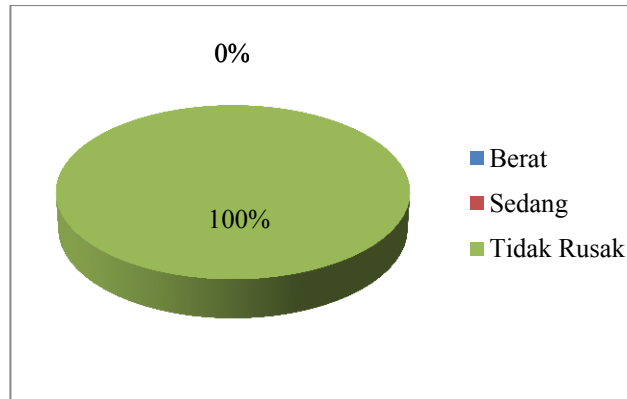
Persentase luasan dan tingkat kerusakan hutan setiap kecamatan disajikan pada Gambar 4.16 – 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Batu



Gambar 4.17 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Bumiaji



Gambar 4.18 Persentase Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Kecamatan Junrejo

4.2.3. Analisa Perbandingan Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu Tahun 2002 dan 2013

Berikut adalah perbandingan luasan dan tingkat kerusakan hutan Sub DAS Brantas Hulu tahun 2002 dan 2013.

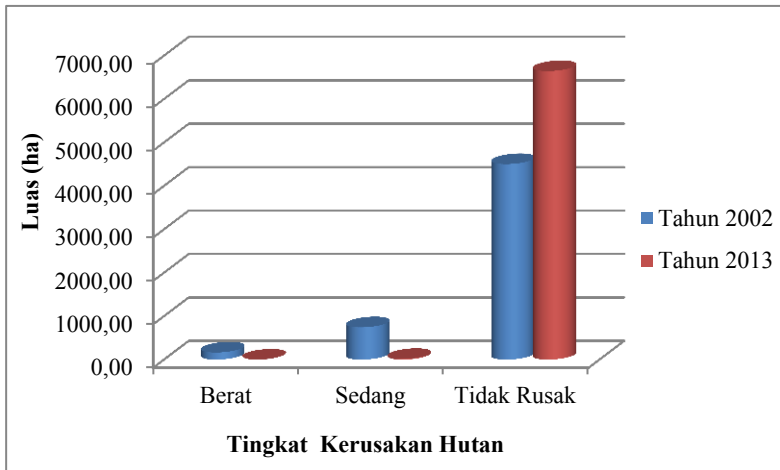
Tabel 4.23 Perbandingan Luas dan Tingkat Kerusakan Hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu

No	Kisaran Nilai NDVI	Kelas Kerusakan Hutan	Estimasi Kerapatan Kanopi	Luas (ha)		
				2002	2013	Selisih
1	-1,0 s.d 0,32	Berat	< 50 %	164,37	0,99	-163,38
2	> 0,32 s.d 0,42	Sedang	50 - 70 %	744,13	15,20	-728,94
3	> 0,42 s.d 1	Tidak Rusak	> 70 %	4.502,95	6.644,82	2.141,87
Total				5.411,44	6.661,00	

Dari Tabel 4.24 diatas terlihat bahwa tingkat kerusakan hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu

pada tahun 2002 dan tahun 2013 mengalami penurunan luasan. Pada tahun 2002 tingkat kerusakan hutan mencapai 908,50 ha dengan kerusakan hutan berat seluas 164,37 ha dan kerusakan hutan sedang seluas 744,13 ha. Sedangkan, pada tahun 2013 tingkat kerusakan hutan hanya sebesar 16,19 ha dengan kerusakan hutan berat seluas 0,99 ha dan kerusakan hutan sedang seluas 15,20 ha.

Berikut perbandingan luasan dan tingkat kerusakan hutan tahun 2002 dan 2013 disajikan dalam bentuk grafik :



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Luasan dan Tingkat Kerusakan Hutan Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu

Kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu pada tahun 2002 mencapai 908,5 ha dari total luasan hutan dibandingkan dengan tahun 2013 yang hanya sebesar 16,19 ha. Kerusakan hutan tersebut sebagian besar terjadi di kawasan hutan yang Kecamatan Bumiaji yang merupakan kawasan hutan

paling besar di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu. Kerusakan hutan yang terjadi disebabkan oleh perambahan kawasan hutan menjadi lahan pertanian kering berupa tanaman hortikultura.

Dibandingkan dengan tahun 2002, kerusakan hutan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu pada tahun 2013 mengalami penurunan luasan sebesar 1,72 ha. Hal ini ditunjukkan dengan semakin bertambahnya luas kawasan hutan yang tidak mengalami kerusakan sebesar 2.141,87 ha.

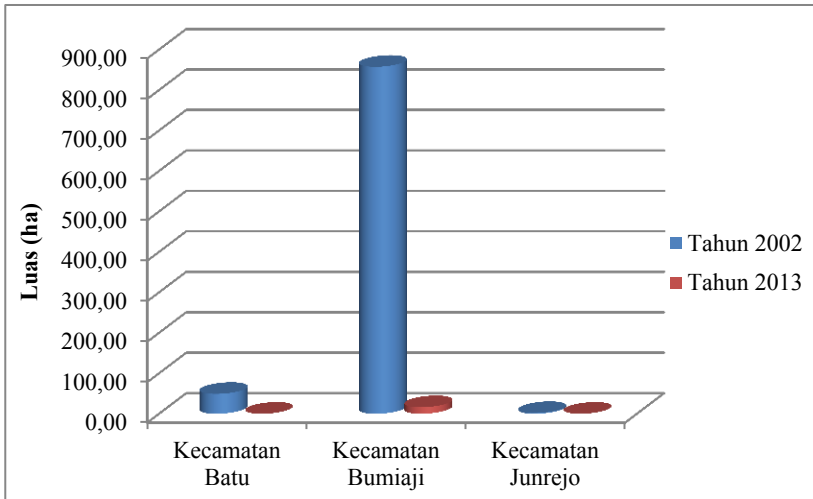
Perbandingan luasan kerusakan hutan meliputi kerusakan hutan berat dan kerusakan hutan sedang per kecamatan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.24 Perbandingan Luasan Kerusakan Hutan Per Kecamatan

No	Kerusakan Hutan	Luas (ha)		
		2002	2013	Selisih
1	Kecamatan Batu	49,07	0,00	-49,07
2	Kecamatan Bumiaji	857,42	16,18	-841,24
3	Kecamatan Junrejo	1,72	0,00	-1,72
Total		908,21	16,18	

Dari Tabel 4.24 menunjukkan bahwa luas kerusakan hutan paling besar berada di Kecamatan Bumiaji dengan luas kerusakan hutan tahun 2002 sebesar 857,42 ha dan tahun 2013 sebesar 16,18 ha. Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan hutan di Kecamatan Bumiaji mengalami penurunan luas sebesar 841,24 ha. Selain itu, kerusakan hutan di Kecamatan Batu dan Kecamatan Junrejo juga mengalami penurunan luasan yaitu sebesar 49,07 ha dan 1,72 ha.

Berikut perbandingan luasan kerusakan hutan per kecamatan disajikan dalam bentuk grafik :



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Luasan Kerusakan Hutan Per Kecamatan

Dari Gambar grafik 4.20 terlihat bahwa luas kerusakan hutan di Kecamatan Batu, Kecamatan Bumiaji dan Kecamatan Junrejo pada tahun 2002 dan 2013 mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa proses rehabilitasi kawasan hutan terlihat semakin baik dilakukan di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai identifikasi kerusakan hutan di daerah aliran sungai (DAS) menggunakan data citra Landsat 7 dan Landsat 8, maka didapatkan beberapa kesimpulan akhir sebagai berikut:

1. Kerusakan hutan tahun 2002 di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu meliputi Kecamatan Batu, Bumiaji dan Junrejo diklasifikasikan menjadi tiga tingkat kerusakan hutan, yaitu kerusakan hutan berat sebesar 3,04%, kerusakan hutan sedang sebesar 13,57% dan hutan yang tidak mengalami kerusakan sebesar 83,21%.
2. Kerusakan hutan tahun 2013 di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu meliputi Kecamatan Batu, Kecamatan Bumiaji dan Kecamatan Junrejo yang terdiri dari kerusakan hutan berat sebesar 0,01%, kerusakan hutan sedang sebesar 0,23% dan hutan yang tidak mengalami kerusakan sebesar 99,76%.
3. Perbandingan luasan dan tingkat kerusakan hutan dari tahun 2002 hingga 2013 di wilayah Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu mengalami penurunan seluas 892,31 ha meliputi hutan dengan kerusakan hutan berat seluas 163,38 ha dan kerusakan hutan sedang seluas 728,94 ha.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang diperoleh, dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan komposit warna citra yang tepat untuk keperluan klasifikasi sehingga mengurangi kesalahan dalam penentuan *training area* yang nantinya akan mempengaruhi tingkat ketelitian klasifikasinya.
2. Pengambilan data lapangan (*ground truth*) sebaiknya memiliki jangka waktu yang tidak terlalu jauh dengan

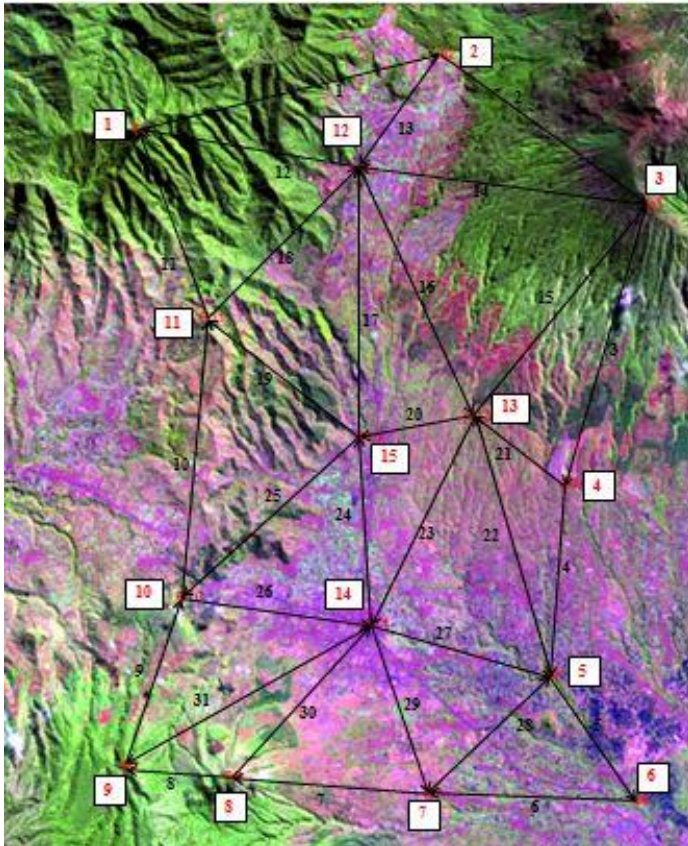
waktu perekaman citra sehingga diperoleh tingkat ketelitian hasil yang lebih baik.

3. Diperlukan pengetahuan dan pemahanan lebih lanjut mengenai penentuan kelas kerusakan hutan berdasarkan nilai NDVI sehingga diperoleh tingkat kerusakan hutan yang sesuai dengan kondisi kerusakan di lapangan.
4. Untuk penelitian lebih lanjut, diharapkan dapat digunakan algoritma indeks vegetasi yang lebih kompleks untuk kerusakan hutan sehingga diperoleh data yang lebih akurat.

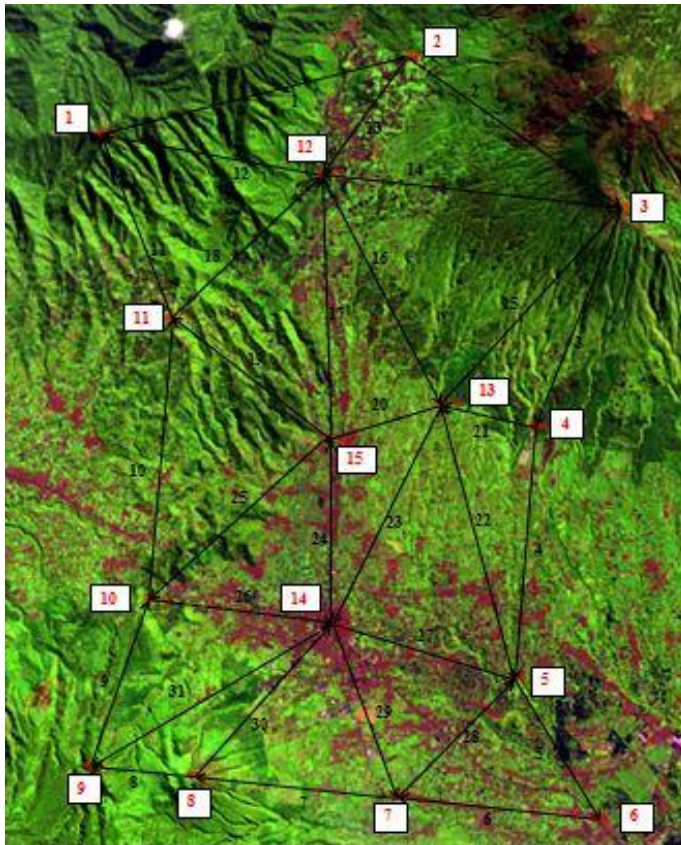
LAMPIRAN 1

Perhitungan *Strength of Figure* (SoF)

Perhitungan *Strength of Figure* (SoF) titik kontrol registrasi citra Landsat 7 tahun 2002 dan Landsat 8 tahun 2013 adalah:



Gambar 1. Sebaran GCP dan Desain Jaring Landsat 7



Gambar 2. Sebaran GCP dan Desain Jaring Landsat 8

Jumlah Baseline	: 31
Jumlah Titik	: 15
N ukuran	: Jumlah Baseline x 3 = 93
N parameter	: Jumlah Titik x 3 = 45
u	: N ukuran – N parameter = 48

Persamaan :

No	Persamaan	No	Persamaan
1	$V_1 + B_1 = X_2 - X_1$	17	$V_{17} + B_{17} = X_{12} - X_{15}$
2	$V_2 + B_2 = X_3 - X_2$	18	$V_{18} + B_{18} = X_{12} - X_{11}$
3	$V_3 + B_3 = X_4 - X_3$	19	$V_{19} + B_{19} = X_{11} - X_{15}$
4	$V_4 + B_4 = X_5 - X_4$	20	$V_{20} + B_{20} = X_{15} - X_{13}$
5	$V_5 + B_5 = X_6 - X_5$	21	$V_{21} + B_{21} = X_{13} - X_4$
6	$V_6 + B_6 = X_7 - X_6$	22	$V_{22} + B_{22} = X_{13} - X_5$
7	$V_7 + B_7 = X_8 - X_7$	23	$V_{23} + B_{23} = X_{14} - X_{13}$
8	$V_8 + B_8 = X_9 - X_8$	24	$V_{24} + B_{24} = X_{15} - X_{14}$
9	$V_9 + B_9 = X_{10} - X_9$	25	$V_{25} + B_{25} = X_{10} - X_{15}$
10	$V_{10} + B_{10} = X_{11} - X_{10}$	26	$V_{26} + B_{26} = X_{14} - X_{10}$
11	$V_{11} + B_{11} = X_1 - X_{11}$	27	$V_{27} + B_{27} = X_5 - X_{14}$
12	$V_{12} + B_{12} = X_1 - X_{12}$	28	$V_{28} + B_{28} = X_5 - X_7$
13	$V_{13} + B_{13} = X_{12} - X_2$	29	$V_{29} + B_{29} = X_7 - X_{14}$
14	$V_{14} + B_{14} = X_{12} - X_3$	30	$V_{30} + B_{30} = X_{14} - X_8$
15	$V_{15} + B_{15} = X_3 - X_{13}$	31	$V_{31} + B_{31} = X_9 - X_{14}$
16	$V_{16} + B_{16} = X_{13} - X_{12}$		

Dari persamaan tersebut diatas, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

No	Persamaan	No	Persamaan
1	$V_1 = X_2 - X_1 - B_1$	11	$V_{11} = X_1 - X_{11} - B_{11}$
2	$V_2 = X_3 - X_2 - B_2$	12	$V_{12} = X_1 - X_{12} - B_{12}$
3	$V_3 = X_4 - X_3 - B_3$	13	$V_{13} = X_{12} - X_2 - B_{13}$
4	$V_4 = X_5 - X_4 - B_4$	14	$V_{14} = X_{12} - X_3 - B_{14}$
5	$V_5 = X_6 - X_5 - B_5$	15	$V_{15} = X_3 - X_{13} - B_{15}$
6	$V_6 = X_7 - X_6 - B_6$	16	$V_{16} = X_{13} - X_{12} - B_{16}$
7	$V_7 = X_8 - X_7 - B_7$	17	$V_{17} = X_{12} - X_{15} - B_{17}$
8	$V_8 = X_9 - X_8 - B_8$	18	$V_{18} = X_{12} - X_{11} - B_{18}$
9	$V_9 = X_{10} - X_9 - B_9$	19	$V_{19} = X_{11} - X_{15} - B_{19}$
10	$V_{10} = X_{11} - X_{10} - B_{10}$	20	$V_{20} = X_{15} - X_{13} - B_{20}$

No	Persamaan	No	Persamaan
21	$V_{21} = X_{13} - X_4 - B_{21}$	27	$V_{27} = X_5 - X_{14} - B_{27}$
22	$V_{22} = X_{13} - X_5 - B_{22}$	28	$V_{28} = X_5 - X_7 - B_{28}$
23	$V_{23} = X_{14} - X_{13} - B_{23}$	29	$V_{29} = X_7 - X_{14} - B_{29}$
24	$V_{24} = X_{15} - X_{14} - B_{24}$	30	$V_{30} = X_{14} - X_8 - B_{30}$
25	$V_{25} = X_{10} - X_{15} - B_{25}$	31	$V_{31} = X_9 - X_{14} - B_{31}$
26	$V_{26} = X_{14} - X_{10} - B_{26}$		

Dari persamaan diatas, maka dapat dituliskan matriks dari persamaan umum:

$$V = AX - B$$

Dimana :

- V = Matriks residu
- A = Matriks desain
- B = Baseline
- X = Titik kontrol tanah (GCP)

[illegible]

Dengan demikian, nilai *Strength of Figure* (SoF) nya adalah sebagai berikut:

$$\text{SoF} = \frac{(\text{Trace } [A \times A^T]^{-1})}{u} = \frac{4,9749}{48} = 0,1036$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

Perhitungan *Confusion Matrix*

Citra Landsat 7:

Overall Accuracy = (424/449) 94,43%

Kappa Coefficient = 0,9349

Ground Truth (Piksel)

Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total
Hp	81	1	1	0	0	1	0	0	84
Hs	1	36	0	0	0	2	1	0	40
Ht	0	0	71	0	0	0	0	0	71
Pm	0	0	0	52	0	0	0	0	52
Pt	0	0	0	0	24	0	0	0	24
Pc	5	8	0	0	0	42	2	0	57
Sw	0	0	0	0	0	0	87	0	87
T	0	0	0	1	0	0	2	31	34
Total	87	45	72	53	24	45	92	31	449

Ground Truth (Persen)

Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total
Hp	93,10	2,22	1,39	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	18,71
Hs	1,15	80,00	0,00	0,00	0,00	4,44	0,00	0,00	8,91
Ht	0,00	0,00	98,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,81
Pm	0,00	0,00	0,00	98,11	0,00	0,00	0,00	0,00	11,58
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	5,35
Pc	5,75	17,78	0,00	0,00	0,00	93,33	2,17	0,00	12,69
Sw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,57	0,00	19,38
T	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	2,17	100,00	7,57
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kelas	Komisi (Persen)	Omisi (Persen)	Komisi (Piksel)	Omisi (Piksel)
Hp	3,57	6,90	3/84	6/87
Hs	10,00	20,00	6/60	9/45
Ht	0,00	1,39	0/71	1/72
Pm	0,00	1,89	0/52	1/53
Pt	0,00	0,00	9/20	0/24
Pc	26,32	6,67	15/57	3/45
Sw	0,00	5,43	0/87	5/92
T	8,82	0,00	3/34	0/31

Kelas	<i>Producer accuracy</i> (Persen)	<i>User accuracy</i> (Persen)	<i>Producer accuracy</i> (Piksel)	<i>User accuracy</i> (Piksel)
Hp	93,10	96,43	81/87	81/84
Hs	80,00	90,00	36/45	36/40
Ht	98,61	100,00	71/72	71/71
Pm	98,11	100,00	52/53	52/52
Pt	100,00	100,00	24/24	24/24
Pc	93,33	73,68	42/45	42/57
Sw	94,57	100,00	87/92	87/87
T	100,00	91,18	31/31	31/34

Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total	Komisi (Piksel)	MA (%)
Hp	81	1	1	0	0	1	0	0	84	3	90,00
Hs	1	36	0	0	0	2	1	0	40	4	73,47
Ht	0	0	71	0	0	0	0	0	71	0	98,61
Pm	0	0	0	52	0	0	0	0	52	0	98,11
Pt	0	0	0	0	24	0	0	0	24	0	100,00
Pc	5	8	0	0	0	42	2	0	57	15	70,00
Sw	0	0	0	0	0	0	87	0	87	0	94,57
T	0	0	0	1	0	0	2	31	34	3	91,18
Total	87	45	72	53	24	45	92	31	449	25	94,43
Omisi (Piksel)	6	9	1	1	0	3	5	0	25		

Keterangan :

- Hp : Hutan Lahan Kering Primer
- Hs : Hutan Lahan Kering Sekunder
- Ht : Hutan Tanaman
- Pm : Pemukiman
- Pt : Pertanian Lahan Kering
- Pc : Pertanian Lahan Kering dan Semak
- Sw : Sawah
- T : Tanah Terbuka
- MA : Ketelitian Pemetaan
- Omisi : Jumlah kelas X yang masuk kelas lain
- Komisi : Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain
- KH : Ketelitian seluruh hasil klasifikasi

Citra Landsat 8:

Overall Accuracy = (396/430) 92,09%

Kappa Coefficient = 0,9068

Ground Truth (Piksel)

Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total
Hp	39	0	2	0	0	0	0	0	41
Hs	0	42	1	0	0	9	0	0	52
Ht	6	0	84	0	3	0	0	0	93
Pm	0	0	0	58	0	0	3	0	61
Pt	0	0	0	0	11	4	0	0	15
Pc	0	1	0	0	3	70	0	0	74
Sw	0	0	0	2	0	0	70	0	72
T	0	0	0	0	0	0	0	22	22
Total	45	43	87	60	17	83	73	22	430

Ground Truth (Persen)

Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total
Hp	86,67	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,53
Hs	0,00	97,67	1,15	0,00	0,00	10,84	0,00	0,00	12,09
Ht	13,33	0,00	96,55	0,00	17,65	0,00	0,00	0,00	21,63
Pm	0,00	0,00	0,00	96,67	0,00	0,00	4,11	0,00	14,19
Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	64,71	4,82	0,00	0,00	3,49
Pc	0,00	2,33	0,00	0,00	17,65	84,34	0,00	0,00	17,21
Sw	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00	95,89	0,00	16,74
T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,17	100,00	7,57
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Kelas	Komisi (Persen)	Omisi (Persen)	Komisi (Piksel)	Omisi (Piksel)
Hp	4,88	13,33	2/41	6/45
Hs	19,23	2,33	10/52	1/43
Ht	9,68	3,45	9/93	3/87
Pm	4,92	3,33	3/61	2/60
Pt	26,67	35,29	4/15	6/17
Pc	5,41	15,66	4/74	13/83
Sw	2,78	4,11	2/72	3/73
T	0,00	0,00	0/22	0/22






Kelas	<i>Producer accuracy</i> (Persen)	<i>User accuracy</i> (Persen)	<i>Producer accuracy</i> (Piksel)	<i>User accuracy</i> (Piksel)
Hp	86,67	95,12	39/45	39/41
Hs	97,67	80,77	42/43	42/52
Ht	96,55	90,32	84/87	84/93
Pm	96,67	95,08	58/60	58/61
Pt	64,71	73,33	11/17	11/15
Pc	84,34	94,59	70/83	70/74
Sw	95,89	97,22	70/73	70/72
T	100,00	100,00	22/22	22/22






Kelas	Hp	Hs	Ht	Pm	Pt	Pc	Sw	T	Total	Komisi (Piksel)	MA (%)
Hp	39	0	2	0	0	0	0	0	41	2	82,98
Hs	0	42	1	0	0	9	0	0	52	10	79,25
Ht	6	0	84	0	3	0	0	0	93	9	87,50
Pm	0	0	0	58	0	0	3	0	61	3	92,06
Pt	0	0	0	0	11	4	0	0	15	4	52,38
Pc	0	1	0	0	3	70	0	0	74	4	80,46
Sw	0	0	0	2	0	0	70	0	72	2	93,33
T	0	0	0	0	0	0	0	22	22	0	100,00
Total	45	43	87	60	17	83	73	22	430	34	92,09
Omisi (Piksel)	6	1	3	2	6	13	3	0	34		



Keterangan :






- Hp : Hutan Lahan Kering Primer
- Hs : Hutan Lahan Kering Sekunder
- Ht : Hutan Tanaman
- Pm : Pemukiman
- Pt : Pertanian Lahan Kering
- Pc : Pertanian Lahan Kering dan Semak
- Sw : Sawah
- T : Tanah Terbuka
- MA : Ketelitian Pemetaan
- Omisi : Jumlah kelas X yang masuk kelas lain
- Komisi : Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain
- KH : Ketelitian seluruh hasil klasifikasi






LAMPIRAN 3
Dokumentasi Koordinat Titik *Ground Truth* :






NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
1	Hutan Lahan Kering Primer	668.682	9.142.226	
2	Hutan Lahan Kering Primer	668.907	9.142.528	
3	Hutan Lahan Kering Sekunder	668.880	9.138.025	
4	Hutan Lahan Kering Primer	668.994	9.138.264	
5	Hutan Tanaman	668.632	9.132.067	

NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
6	Hutan Tanaman	668.644	9.135.386	
7	Pemukiman	668.761	9.141.029	
8	Pemukiman	668.388	9.141.837	
9	Pemukiman	668.512	9.142.006	
10	Pemukiman	669.162	9.129.078	

NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
11	Pemukiman	668.713	9.129.018	
12	Pemukiman	666.509	9.129.832	
13	Pemukiman	667.729	9.129.897	
14	Pemukiman	670.479	9.127.751	
15	Pertanian Lahan Kering	668.631	9.132.114	

NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
16	Pertanian Lahan Kering	668.905	9.142.812	
17	Pertanian Lahan Kering	668.708	9.141.197	
18	Pertanian Lahan Kering	668.478	9.139.637	
19	Pertanian Lahan Kering	667.820	9.138.259	
20	Pertanian Lahan Kering	668.748	9.137.945	

NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
21	Pertanian Lahan Kering	668.676	9.132.164	
22	Pertanian Lahan Kering dan Semak	668.680	9.133.731	
23	Pertanian Lahan Kering dan Semak	668.913	9.142.750	
24	Pertanian Lahan Kering dan Semak	668.923	9.142.752	
25	Sawah	671.055	9.127.325	

NO	OBJEK	KOORDINAT		FOTO
		X (m)	Y (m)	
26	Sawah	670.634	9.127.816	
27	Sawah	671.860	9.125.861	
28	Sawah	671.405	9.127.332	
29	Tanah Terbuka	668.282	9.128.723	
30	Tanah Terbuka	669.050	9.129.037	

SURABAYA, AGUSTUS 2014

Biodata Penulis



Aning Prastiwi. Penulis dilahirkan di Palembang, 20 Desember 1991, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Turut dan Walini. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bina Sejahtera Palembang, SDN 242 Palembang, SMPN 4 Palembang, kemudian di SMAN 18 Palembang. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program PMDK Reguler dan diterima di Teknik Geomatika-FTSP ITS pada tahun 2010. Penulis

terdaftar dengan NRP 3510 100 002. Di Jurusan Teknik Geomatika, penulis memilih bidang kajian Penginderaan Jauh. Saat SMA penulis menjadi Kandidat Olimpiade Astronomi mewakili SMAN 18 Palembang.

Di bangku kuliah aktif di organisasi kemahasiswaan HIMAGE dan pernah menjabat sebagai Sekretaris Umum II 2012/2013 dan Kepala Biro Redaksi Departemen Medfo, HIMAGE 2013/2014. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD, LKMM TD serta aktif dalam kepanitiaan di tingkat jurusan, fakultas maupun institut.

Penulis Kerja Praktek di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Penulis menyelesaikan studi di ITS dengan mengambil Tugas Akhir bidang keahlian Penginderaan Jauh, meneliti tentang Identifikasi Kerusakan Hutan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Menggunakan Data Citra Landsat 7 dan Landsat 8 (Studi Kasus : Sub DAS Brantas Bagian Hulu, Kota Batu).